



Normalização do processo de mudança em linhas de montagem de bicicletas e aplicação da metodologia SMED para diminuição de tempos de setup

Francisco Salgado da Silva

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador (FEUP): José António Faria

Orientador (RTE): José Eduardo Carvalho

8 de Fevereiro de 2018

Resumo

O projeto na origem desta dissertação foi desenvolvido na RTE, empresa que se dedica à montagem de bicicletas e teve como objetivo normalizar e otimizar o processo de mudança das linhas de montagem, procurando reduzir os tempos de *setup* e aumentar a produtividade. Durante o desenvolvimento do projeto, teve-se como referência os vários princípios de *Lean Manufacturing*, em especial a metodologia SMED (*Single Minute ExChange of Die*) e outras mais abrangentes como *Quick ChangeOver*.

Neste projeto, foram analisadas seis linhas de montagem de bicicletas, sendo as propostas de melhoria apenas implementadas nas 3 com maior número de mudanças por dia (linhas 1, 2 e 4).

No decorrer deste trabalho foram também, realizadas atividades 5S, no seguimento das observações e análise do processo de setup. O objetivo dessas atividades foi a eliminação de todos os materiais e ferramentas não utilizadas, efetuando-se uma triagem nos diversos postos e procurando obter uma melhor arrumação, criando-se lugares específicos, associados a cada ferramenta e família de materiais. Finalmente, com o objetivo de facilitar a localização dessas ferramentas e materiais, foi criada uma gestão visual com uma identificação lógica para cada material e família de ferramentas e materiais.

Todas estas melhorias a nível organizacional em conjunto com a otimização e normalização do processo de setup, proporcionado pela implementação da metodologia SMED, viabilizou uma redução de 39% do tempo total de mudança em apenas 3 meses. Além da redução de tempo verificada, foi possível normalizar e simplificar a execução das atividades que foram alvo de melhorias, obter uma maior eficácia e eficiência na execução das mesmas e procurou-se implementar uma cultura de aprendizagem, responsabilidade e melhoria contínua.

Palavras chave: Melhoria Contínua; Mudança; Normalização; SMED.

Abstract

The project behind this thesis was developed at RTE, a company that dedicates to the assembly of bicycles and the main objective was to normalize and optimize the setup process of the assembly lines, seeking the reduction of the changeover times and the increase of productivity. During the development of the project, there were made references to various principles of Lean Manufacturing, in particular the SMED (Single Minute ExChange of Die) methodology and other more comprehensive ones such as Quick ChangeOver.

In this project, six assembly lines were analyzed, but the improvements were only implemented in the 3 lines with the highest number of changes per day (lines 1, 2 and 4).

In the course of this work, 5S activities were also carried out, following the observations and analysis of the setup process. The purpose of these activities was the elimination of all unnecessary materials and tools that were not being used, being made a sorting in the several stations and trying to obtain a better storage, creating specific places, associated to each tool and family of materials. Finally, in order to facilitate the localization of these tools and materials, a visual management was created with a logical identification for each material and family of tools and materials.

All of these improvements at the organizational level together with the optimization and normalization of the setup process, provided by the implementation of the SMED methodology, enabled a reduction of 39% of the total changeover time in just 3 months. In addition to this reduction of time, it was possible to standardize and simplify the execution of the operations that were improved, to obtain a greater effectiveness and efficiency in the execution of the same, and to implement a culture of learning, responsibility and continuous improvement.

Keywords: Change; Continuous improvement; Normalization; SMED.

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha mais sincera gratidão à RTE, em especial ao Eng^o Jorge Salgado, pela oportunidade proporcionada.

Ao Professor José António Faria da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto pela supervisão e orientação que deu a este projeto.

A todos os colaboradores da RTE, por todo o apoio prestado e pelo privilégio de ter trabalhado ao vosso lado.

Um agradecimento especial ao Michal Czarnecki, Rodrigo Coelho, Flávia Pinho, Mariana Veloso, Fábio Portela e Miguel Salgado pelos conselhos, ajudas, sorrisos e momentos partilhados e, acima de tudo, pela companhia aos almoços.

À minha família, pai, mãe, irmão, tios, primos, avós, obrigado por tudo, sem vocês este percurso teria sido bastante mais atribulado.

Aos meus amigos, vocês sabem quem são, agradeço todas as dores de cabeça que já me deram, tal como espero que estejam agradecidos por vos ter dado muitas outras.

Por último quero agradecer à pessoa que me apoiou incondicionalmente ao longo destes 5 anos, estou eternamente agradecido por fazeres parte da minha vida, a ti agradeço com todo o coração, Joana.

A todos, incluindo à minha pessoa...

Um muitíssimo obrigado.

Francisco Salgado da Silva

*“You should be glad that bridge fell down.
I was planning to build thirteen more to that same design”*

Isambard Kingdom Brunel

Conteúdo

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Introdução | 1 |
| 1.1 | Apresentação da empresa | 1 |
| 1.2 | Enquadramento | 4 |
| 1.3 | Motivação | 5 |
| 1.4 | Objetivos | 5 |
| 1.5 | Metodologia de trabalho | 6 |
| 1.6 | Estruturação do documento | 6 |
| 2 | Revisão Bibliográfica | 9 |
| 2.1 | Linhas de montagem | 9 |
| 2.2 | Produção Lean | 10 |
| 2.2.1 | Ferramentas <i>Lean</i> | 11 |
| 2.2.2 | Sistema de produção Toyota | 13 |
| 2.2.3 | Recursos humanos no Lean | 16 |
| 2.3 | SMED | 17 |
| 2.3.1 | Tipos de Setup | 18 |
| 2.3.2 | Passos de um setup | 19 |
| 2.3.3 | Implementação da metodologia SMED | 19 |
| 2.4 | Metodologia 5S | 20 |
| 2.4.1 | Etapas dos 5S | 21 |
| 2.5 | Poka-Yoke | 22 |
| 3 | Contextualização do problema | 23 |
| 3.1 | O Produto | 23 |
| 3.1.1 | Famílias e Modelos | 24 |
| 3.1.2 | Estrutura do produto | 25 |
| 3.2 | A linha de montagem | 31 |
| 3.2.1 | Secções | 32 |
| 3.3 | Ferramentas e Materiais | 42 |
| 3.3.1 | Ferramentas - Mangueiras, Balanceadores, Pistolas e Carros de Mudança | 42 |
| 3.3.2 | Distribuição de tarefas (DT) | 44 |
| 3.3.3 | Material de apoio à produção (MAP) e Gabaritos | 46 |
| 3.4 | O processo de Setup | 47 |
| 4 | Trabalho desenvolvido | 51 |
| 4.1 | Etapas da Metodologia Aplicada | 51 |
| 4.2 | Análise da situação inicial | 53 |
| 4.2.1 | Preparação da mudança | 55 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.3 | Separação das Operações Internas e Externas | 60 |
| 4.4 | Realocação das Operações | 62 |
| 4.4.1 | Preparação antecipada dos MAP na PMI | 62 |
| 4.4.2 | Preparação antecipada das ferramentas | 63 |
| 4.5 | Melhoria das Operações | 63 |
| 4.5.1 | Redução das operações internas | 64 |
| 4.5.2 | Redução das operações externas | 74 |
| 5 | Análise de resultados | 79 |
| 5.1 | Melhorias nas operações externas | 79 |
| 5.2 | Melhorias nas operações internas | 80 |
| 5.3 | Diminuição do tempo de setup | 82 |
| 6 | Conclusões e Trabalho Futuro | 89 |
| 6.1 | Satisfação dos Objetivos | 90 |
| 6.2 | Trabalho Futuro | 91 |
| A | Anexos | 93 |
| A.1 | Material de apoio à produção | 93 |
| A.2 | Normalização de posições para as ferramentas - Linha 2 e 4 | 98 |
| A.3 | Modelos com DT fechada | 99 |
| A.4 | Distribuições de tarefas | 101 |
| A.5 | Instruções de mudança | 104 |
| | Referências | 105 |

Lista de Figuras

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | RTE logo | 2 |
| 1.2 | Unidade orgânica onde o projeto foi desenvolvido | 4 |
| 2.1 | "Casa" Toyota | 14 |
| 2.2 | ciclo PDCA | 15 |
| 2.3 | Filosofia Toyota | 17 |
| 2.4 | Vantagens vs. Desvantagens do sistema SMED | 18 |
| 2.5 | 5 passos para a implementação da metodologia SMED | 19 |
| 3.1 | Layout da linha de montagem 1 | 23 |
| 3.2 | Diagrama com os componentes principais das bicicletas montadas na RTE | 25 |
| 3.3 | Imagem ilustrativa dos componentes principais do modelo RR 340 | 25 |
| 3.4 | Zonas de armazenamento e abastecimento dos quadros e forquetas assinaladas | 26 |
| 3.5 | Espeto de apoio (E1), Mesa com espeto (ME) e Meco de apoio (E3), respetivamente | 27 |
| 3.6 | Quadro apoiado pelo tubo de selim numa mesa com espeto (ME) | 27 |
| 3.7 | Tipos de travão montados nas bicicletas | 28 |
| 3.8 | Desenho ilustrativo dos 3 tipos de travão: V-Brake, Disco mecânico e hidráulico | 29 |
| 3.9 | Suporte de rodas com disco (SD) e carro de pré-montagem de discos nas rodas (CD) | 29 |
| 3.10 | Gabaritos do avanço (A), volante (V) e selim (S) do modelo RR 340 | 30 |
| 3.11 | Layout da linha 1 com secções assinalados | 31 |
| 3.12 | Fluxograma da montagem de 1 bicicleta | 32 |
| 3.13 | Planta da linha 1 com zona de abastecimento assinalada | 33 |
| 3.14 | Fluxograma do processo de abastecimento das linhas de montagem | 33 |
| 3.15 | Layout da secção volantes com postos | 34 |
| 3.16 | Volante posicionado no gabarito do avanço | 34 |
| 3.17 | Volante posicionado no suporte | 35 |
| 3.18 | Volante posicionado no gabarito do volante | 35 |
| 3.19 | Fluxograma da montagem de 1 Volante | 35 |
| 3.20 | Planta da linha 1 com zonas destinadas a pré-montagens assinalada | 36 |
| 3.21 | Operária a colocar a caixa pedaleira enquanto cuvetes são prensadas no quadro | 37 |
| 3.22 | Cunhos para prensar cuvetes do modelo RR 580 e ilustração das cuvetes e BB | 37 |
| 3.23 | Fluxograma do processo de montagem da bicicleta na secção Prensa Quadros | 38 |
| 3.24 | Jogo de direção e ilustração da montagem da forqueta e avanço | 38 |
| 3.25 | Operária a montar forqueta, quadro e volante no jogo de direção | 39 |
| 3.26 | Fluxograma do processo de montagem da bicicleta na secção Jogo Direção | 39 |
| 3.27 | Layout da secção Linha | 39 |
| 3.28 | Layout da secção Linha com os diversos postos de trabalho | 40 |
| 3.29 | Layout da secção Linha com as tarefas a executar em cada posto de trabalho | 40 |

| | | |
|------|--|----|
| 3.30 | Fluxograma da montagem de uma bicicleta do modelo RR 340 na secção Linha | 41 |
| 3.31 | Tabela com o código de cores das mangueiras | 42 |
| 3.32 | Localização da zona de preparação da mudança e carros de mudança | 43 |
| 3.33 | Armários de pistolas, carros de mudança e estante dos balanceadores | 43 |
| 3.34 | Conjunto pistola, balanceador e mangueira pendurado em rodízio na calha | 44 |
| 3.35 | Distribuição de tarefas do modelo RR 340 - secção dos volantes | 45 |
| 3.36 | Carro de mudança com caixa de bits | 45 |
| 3.37 | Zona de arrumação do material de apoio à produção e estante dos gabaritos | 46 |
| 3.38 | Fluxograma do processo de mudança geral e da sua preparação | 47 |
| 3.39 | Fluxograma do processo de execução da mudança | 48 |
| 3.40 | Instruções de setup para mudança do modelo RR 340 XL para RR 340 M | 49 |
| 3.41 | Algumas Causas de paragem durante as mudanças | 50 |
| 4.1 | Etapas da metodologia aplicada | 52 |
| 4.2 | Fases da análise inicial do processo de setup e respetivos sub-capítulos | 53 |
| 4.3 | Fluxograma do processo de mudança | 54 |
| 4.4 | Tempos médios de execução de operações de preparação da mudança | 55 |
| 4.5 | Planta da RTE com zonas iniciais de arrumação das ferramentas e materiais | 55 |
| 4.6 | Estante dos gabaritos desorganizada e mal identificada | 56 |
| 4.7 | Desarrumação do carro de mudança no fim de uma mudança | 58 |
| 4.8 | Tabela resumo dos problemas e propostas de melhoria | 59 |
| 4.9 | Metodologia SMED implementada, com sub-capítulos correspondentes assinalados | 60 |
| 4.10 | Exemplo de instruções de setup para mudança do modelo Tilt 120 para RR 340 L | 61 |
| 4.11 | Layout da secção PMI na montagem do modelo Elops 520 | 62 |
| 4.12 | Layout da secção PMI na montagem do modelo Original 520 | 62 |
| 4.13 | Fotografias ilustrativas da despreocupação para com as ferramentas | 65 |
| 4.14 | Espeto do carro de mudança para ferramentas avariadas | 66 |
| 4.15 | Divisão da normalização de posições para ferramentas por fases | 67 |
| 4.16 | Planta da linha 1 dividida em sectores | 68 |
| 4.17 | Linha 1 dividida em sectores | 68 |
| 4.18 | Levantamento das calhas por sector da linha 1 | 69 |
| 4.19 | Comprimentos medidos das calhas | 69 |
| 4.20 | Divisão das calhas em secções | 70 |
| 4.21 | Layout da linha 1 com a divisão das calhas em secções e designação das mesmas | 70 |
| 4.22 | Calhas e picagem do sector Linha identificadas | 71 |
| 4.23 | Calhas e picagens do sector Volantes identificadas | 71 |
| 4.24 | Carro de mudança antes (esquerda) e depois (direita) de identificado | 72 |
| 4.25 | Distribuição de tarefas do modelo RR 340 com ferramentas, calha e picagem | 73 |
| 4.26 | Estantes dos gabaritos depois de aplicação 5S | 75 |
| 4.27 | Nova organização do espaço de arrumação do material de apoio | 76 |
| 4.28 | Cartões de identificação de cada família de materiais | 77 |
| 4.29 | Espetos da família Espetos e Suportes identificados de acordo com a sua designação | 77 |
| 4.30 | Espaço da família das Mesas organizado e delineado com fita amarela | 77 |
| 5.1 | Tabela comparativa dos tempos de execução das operações externas | 79 |
| 5.2 | Tabela comparativa antes e depois das melhorias nas operações internas | 81 |
| 5.3 | Gráfico da análise dos tempos de setup iniciais com média móvel | 82 |
| 5.4 | Gráficos da análise da evolução dos tempos de setup das linhas 1, 2 e 4 | 83 |
| 5.5 | Gráfico da análise dos tempos médios de setup para cada modelo antes das melhorias | 83 |

| | | |
|------|---|-----|
| 5.6 | Gráfico da análise dos tempos de setup das 5 mudanças para o modelo RR 340 . . | 84 |
| 5.7 | Operações de mudança a executar em cada secção da linha de montagem | 84 |
| 5.8 | Tempos de setup e tempos de paragem das 5 mudanças para o modelo RR 340 . . | 85 |
| 5.9 | Gráfico da análise da evolução dos tempos de setup ao longo do projeto | 85 |
| 5.10 | Análise da evolução dos tempos de paragem durante os setups ao longo do projeto | 86 |
| 5.11 | Gráfico da análise dos tempos de setup depois da implementação das melhorias . | 86 |
| 5.12 | Gráfico da análise dos tempos médios de setup para cada modelo depois das melhorias | 87 |
| 5.13 | Comparação dos tempos de setup antes e depois da implementação das melhorias | 87 |
| 5.14 | Análise comparativa dos valores iniciais e finais do projeto | 87 |
| 5.15 | Bicicletas produzidas "a mais" por dia através da diminuição do tempo de setup . | 88 |
| 5.16 | Aumento na produção através da diminuição do tempo de setup | 88 |
| 5.17 | Bicicletas "não perdidas" através da diminuição do número de carros vazios por setup | 88 |
| A.1 | Material de apoio à produção - Família das Rodas | 93 |
| A.2 | Material de apoio à produção - Família dos Supermercados | 94 |
| A.3 | Material de apoio à produção - Família das Mesas | 94 |
| A.4 | Material de apoio à produção - Família das Mesas | 95 |
| A.5 | Material de apoio à produção - Família das Mesas | 95 |
| A.6 | Material de apoio à produção - Família das Mesas | 96 |
| A.7 | Material de apoio à produção - Família dos Espetos e Suportes | 96 |
| A.8 | Material de apoio à produção - Família dos Espetos e Suportes | 97 |
| A.9 | Material de apoio à produção - Família dos Espetos e Suportes | 97 |
| A.10 | Layout das calhas por sector da linha 2 e comprimentos das mesmas | 98 |
| A.11 | Layout das calhas por sector da linha 4 e comprimentos das mesmas | 98 |
| A.12 | Tabela resumo das DT's preenchidas e finalizadas - Criança e Dobráveis | 99 |
| A.13 | Tabela resumo das DT's preenchidas e finalizadas - BTT | 99 |
| A.14 | Tabela resumo das DT's preenchidas e finalizadas - BTT | 100 |
| A.15 | Tabela resumo das DT's preenchidas e finalizadas - Estrada e Citadinas | 100 |
| A.16 | DT nova do modelo Elops 500 na linha 1 - secção dos Volantes (V), PMT, PQ e JD | 101 |
| A.17 | DT nova do modelo RR 100 na linha 4 - secção dos Volantes (V) | 102 |
| A.18 | DT nova do modelo RR 100 na linha 4 - secção da Linha (L) | 102 |
| A.19 | DT nova do modelo Poply 300 na linha 2 - secções das PMT, PQ, JD e L | 103 |
| A.20 | Instruções de setup para mudança Tilt 120 - RR 340 | 104 |

Lista de Tabelas

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Passos de um setup e o tempo que cada consome | 19 |
| 3.1 | Modelos montados na RTE organizados por família | 24 |
| 4.1 | Tempos médios de execução de operações internas | 61 |
| 5.1 | Novos tempos médios para executar as operações externas depois da aplicação de 5S | 79 |
| 5.2 | Análise do número médio de bicicletas produzidas por turno | 82 |
| 5.3 | Análise do número de mudanças das linhas 1, 2 e 4 | 82 |

Abreviaturas e Símbolos

| | |
|------|-------------------------------|
| LDM | Linha de montagem |
| SMED | Single Minute Exchange of Die |
| QCO | Quick Changeover |
| TPS | Sistema de produção Toyota |
| OF | Ordem de Fabrico |
| DT | Distribuição de tarefas |
| PMT | Pré-montagem Topo |
| PMI | Pré-montagem Intermédia |
| TF | Travão da frente |
| TT | Travão de trás |
| VF | Velocidade da frente |
| VT | Velocidade de trás |
| MAP | Material de apoio à produção |
| GL | Guarda-Lamas |
| PB | Porta-Bagagens |

Capítulo 1

Introdução

O presente documento foi realizado no âmbito da Unidade Curricular Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O projeto foi desenvolvido na empresa RTE, S.A., na unidade orgânica Montagem de Bicicletas e Rodas e tem como principal objetivo normalizar o processo de mudança das linhas de montagem, procurando diminuir os tempos das mesmas.

A RTE dedica-se à montagem de bicicletas e produção de alguns componentes, nomeadamente rodas, forquetas e quadros, sendo a montagem o foco principal. Compreende-se então, a importância deste trabalho, traduzindo-se, em caso de sucesso, em melhorias significativas no processo de setup das linhas e, consequentemente, na diminuição dos tempos dos mesmos e aumento da produtividade da empresa.

Nas páginas seguintes, clarificar-se-à como foi implementada a metodologia SMED, e quais as análises e estudos efetuados previamente, com o intuito de determinar como eram efetuadas as mudanças, quais os desperdícios a elas associados, e quais as possíveis oportunidades de melhoria. As ações desenvolvidas para aproveitar as oportunidades de melhoria verificadas serão também apresentadas, tal como os resultados a elas associados. No fim, serão discutidas as ideias sugeridas, que foram, ou não, implementadas, direta ou indiretamente relacionadas com a implementação da metodologia SMED, seguido de uma análise crítica sobre as vantagens das soluções implementadas e de trabalho a ser desenvolvido no futuro.

1.1 Apresentação da empresa

A RTE foi constituída em 1983 e a sua atividade inicial, que se foi mantendo e tem vindo a ser desenvolvida até aos dias de hoje, foi a aplicação de revestimentos termoendurecíveis em componentes metálicos, com resinas epoxy e poliéster, vulgarmente designada por termolacagem.

A primeira fase da sua existência prolongou-se até 1990, com a utilização de meios de produção exíguos num espaço total de aproximadamente 200 m², com clientes nos sectores da construção civil e eletrodomésticos.

Em 1991 dá-se início à segunda fase de crescimento da atividade, que se estendeu até 2007, com utilização de instalações próprias e equipamentos de produção adequados que permitiram a extensão da prestação de serviços a indústrias com requisitos de nível mais exigente – telecomunicações e sobretudo componentes para automóvel e bicicletas.

Em 2007 foi concluído o processo de fusão com a sociedade DECANOR, envolvendo a reestruturação do Capital Social para a sua composição atual, com incorporação da atividade desta sociedade no novo espaço construído em terrenos anexos às suas instalações originais.

Atualmente, dedica-se, à pintura de componentes para o sector das bicicletas, ao fabrico de jantes, à montagem de rodas e bicicletas bem como à pintura para outros clientes do setor automóvel.

É uma empresa líder europeia na produção de bicicletas, sediada em Serzedo, Vila Nova de Gaia e tem como cliente principal a Decathlon. Opera no ramo da metalomecânica ligeira e dedica-se, tal como a sua designação indica, a duas atividades distintas:

- Pintura de componentes metálicos para vários tipos de indústria;
- Montagem de bicicletas;



Figura 1.1: RTE logo

Maior parte dos seus processos são automatizados, como é o caso do armazém automático, mas o mais crucial, a montagem das bicicletas, requer trabalhadores treinados e uma linha de montagem bem estruturada, de forma a ser eficiente, eficaz e produtiva.

Para isto, é importante que os valores, visão e objetivos da organização sejam adotados por todos os trabalhadores, na tentativa de atingir esses mesmos objetivos. Esses valores partilhados estão na origem da organização, sendo eles um legado para o futuro e para a forma como é criado valor económico a longo prazo. Estes valores são:

- Responsabilidade no desempenho das funções;
- Rigor na execução das atividades;
- Transparência no relacionamento entre a empresa e os outros;
- Emoção na forma como se olha para os desafios.

Como política de qualidade, a RTE assume algumas linhas de pensamento estratégico a seguir:

- A focalização na satisfação do cliente externo como forma de conceber todas as ações, o desenvolvimento como organização e a concepção dos seus serviços;
- Eleger a competitividade como um objetivo essencial no seu desempenho, traduzindo-se na melhor relação possível preço/qualidade;

- Desenvolver o conceito de responsabilidade coletiva no interior da organização, com definição clara dos direitos e obrigações individuais, e atribuir especial relevância ao conceito de cliente interno;

- Promover o desenvolvimento tecnológico perseguindo-se a melhoria permanente da qualidade e da produtividade, através da concepção de tecnologia específica dos nossos processos e utilização das soluções mais evoluídas do mercado;

- Incrementar as competências pessoais de todos os colaboradores da empresa, em todos os seus níveis hierárquicos, procurando sempre as melhores condições para a sua realização pessoal e profissional;

- Promover atitudes e técnicas de melhoria contínua que permitem, de uma forma dinâmica, estimular a inovação e o desenvolvimento nas várias áreas de atividade da Empresa e melhorar o Sistema de Gestão da Qualidade.

Assume, também, como esperado, algumas obrigações:

- O cumprimento da legislação em vigor aplicável aos seus produtos, serviços e atividades;
- A procura das melhores práticas na seleção, concepção e utilização dos meios físicos por forma a minimizar-se o impacto na saúde, higiene e segurança de todos os clientes, colaboradores, fornecedores e outros agentes com quem se relacionem;

- A opção pelas soluções técnicas e organizacionais que minimizem o impacto ambiental externo e interno das atividades desenvolvidas;

- Uma inserção social correta e equilibrada na comunidade local.

No seu modelo de desempenho e desenvolvimento, a RTE, defende um modelo de competências BIKE:

- **B**rio, rigor e responsabilidade;
- **I**niciativa, flexibilidade e disponibilidade;
- **K**ompromisso;
- **E**spírito de equipa.

Neste modelo os objetivos são:

- Garantir o alinhamento de todos com a cultura, estratégia e objetivo da RTE;
- Promover uma maior responsabilização e desenvolvimento individual;
- Ser uma ferramenta importante de suporte aos processos de tomada de decisão internos na RTE;

- Potenciar os resultados da RTE através do desenvolvimento contínuo da equipa.

Em termos do processo de montagem das bicicletas, este ocorre em 6 linhas de montagem, com cerca de 30 trabalhadores por linha, ou seja, 180 no total e trabalha consoante um planeamento com objetivos diários (nº de bicicletas montadas). Os trabalhadores estão distribuídos pelos postos de trabalho consoante as suas competências havendo, por vezes, rotação desses mesmos postos para garantir uma maior flexibilidade da linha.

A organização está dividida em 10 unidades orgânicas.

Este projeto foi desenvolvido no setor da Montagem de Bicicletas e Rodas, mais especificamente na Técnica, onde toda a produção é controlada de perto, com o apoio de Andon's ligados ao SAP e onde a interação com as linhas de montagem é constante.

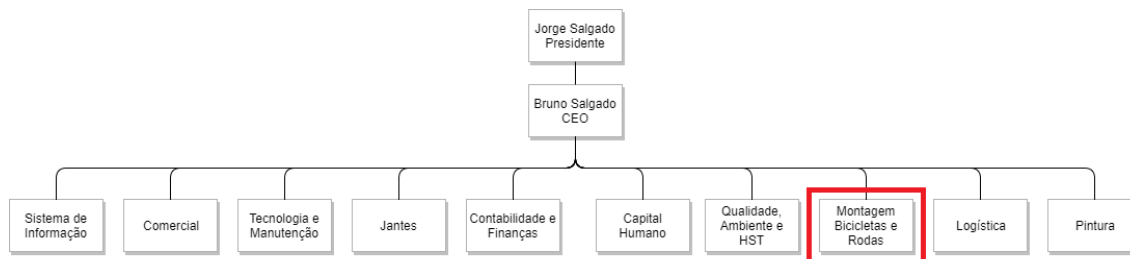


Figura 1.2: Unidade orgânica onde o projeto foi desenvolvido

1.2 Enquadramento

Devido à crescente exigência dos clientes e competitividade entre as empresas, é cada vez maior a necessidade de procurar formas de diminuir custos e aumentar a produtividade.

Atualmente, essa competitividade depende em grande parte de um fator, a diferenciação, ou seja, a forma exclusiva e inovadora de executar determinado processo ou de produzir certo produto. Esta diferenciação pode advir, quer da inovação ao nível dos produtos, quer através da inovação ao nível dos processos de produção.

A inovação ao nível dos produtos pode provocar a necessidade de uma produção de produtos com características distintas, o que, por sua vez, requer trocas de ferramentas, configurações, programas, entre outros. Assim, esta mudança passa a ser um dos pontos críticos do processo, pois mesmo não acrescentando valor, estas operações são indispensáveis à produção. Tendo em conta a importância destas operações torna-se claro que podem ser decisivas para o sucesso ou fracasso desta empresa.

Este projeto foi desenvolvido nas linhas de montagem da empresa RTE, sendo elas uma parte fulcral na competitividade e produtividade da mesma. Com isso em mente, torna-se vital procurar aplicar técnicas de *Lean Production* e Melhoria Contínua, juntamente com a metodologia *SMED*, com o intuito de simplificar o trabalho, racionar recursos, mas acima de tudo, normalizar o processo de mudança e diminuir os tempos das mesmas.

Sendo uma linha de produção uma forma de produção em série, onde vários operários e máquinas, especializados em diversas funções específicas e repetitivas, trabalham de forma sequencial para obter um produto final, compreende-se a importância de manter um fluxo contínuo de trabalho e diminuir tempos de paragem que se refletem em desperdícios e aumento dos custos.

Porém, este trabalho de melhoria do processo das mudanças demonstra-se uma tarefa difícil, tendo em conta que envolve um dos sectores mais críticos da fábrica, que não é passível de parar ou até mesmo abrandar para as alterações serem realizadas.

As 6 linhas laboram 16 horas diárias, estando organizadas em 2 turnos de 8 horas e cada linha conta com cerca de 30 trabalhadores por turno. Cada empregado tem uma função específica num

determinado posto e estes são distribuídos consoante uma matriz de competências, procurando a maior eficiência e eficácia possível de cada trabalhador em cada posto. Para executar as mudanças nas linhas de montagem de bicicletas da RTE existem 2 colaboradores por turno, estando um responsável pelos setups das linhas 1, 2 e 3 e o outro pelas linhas 4, 5 e 6.

Hoje em dia, a RTE monta aproximadamente 60 modelos diferentes o que exige um planeamento rigoroso e um processo de mudança deveras eficaz. Tendo isto em conta, esta dissertação propõe a standardização do processo de mudança por forma a torna-lo mais eficiente e eficaz e, consequentemente, diminuir os tempos das mesmas, com o apoio de metodologias como: *Lean Production*, *SMED*, *5S* e *Kaizen*.

1.3 Motivação

Em Portugal, uma das indústrias que apresenta maior crescimento nos últimos anos é a da produção de bicicletas: “Portugal chegou ao pódio europeu da produção de bicicletas.”¹.

“A indústria portuguesa de bicicletas emprega no total cerca de 7500 trabalhadores, dos quais 1500 são empregos diretos e seis mil indiretos. A produção anual ronda 1,6 milhões de unidades, o que posiciona a indústria nacional nos primeiros lugares do ranking europeu do setor, ao ocupar o terceiro lugar.”².

Tendo em conta o que foi explanado anteriormente, no enquadramento (sub-capítulo 1.2), este trabalho pretende otimizar o processo de mudança nas linhas de montagem, tornando-o ainda mais eficaz, diminuindo tempos de paragem vitais à sua produtividade.

Num cariz mais pessoal, obter uma experiência de trabalho única, numa área de interesse e em grande crescimento, prevê-se que proporcione um maior entrosamento no mundo industrial e empresarial, que será ideal para expandir o conhecimento na área da gestão industrial, entre outras.

1.4 Objetivos

Como descrito no enquadramento e motivação, as empresas devem preocupar-se cada vez mais no seu processo produtivo e na flexibilidade do mesmo, procurando reduzir custos sem diminuir a qualidade dos produtos e acompanhar a dinâmica do mercado. Para isso, uma das condições chave é a redução dos tempos de setup.

A definição de tempo de setup a ter em conta no âmbito deste projeto será, o tempo que passa entre a entrada da última bicicleta, de um determinado modelo, até à entrada na mesma posição da linha, da primeira bicicleta do modelo produzido posteriormente.

Este trabalho tem como objetivo normalizar o processo de mudança das linhas, melhorando-o e tornando-o mais eficaz e eficiente, procurando diminuir tempos de paragem e maximizar a produtividade das linhas de montagem.

¹<http://www.ambientemagazine.com/portugal-ja-e-o-terceiro-maior-produtor-de-bicicletas-na-europa/>, acessido pela última vez em: 03/10/2017

²<https://ionline.sapo.pt/497640>, acessido pela última vez em: 03/10/2017

Este será obtido através da aplicação de metodologias como SMED, QCO, 5S e conceitos mais gerias como Lean Production e Melhoria Contínua. Para isso, será necessário analisar os processos referentes à montagem das bicicletas e às próprias mudanças, para melhor entender o seu funcionamento e assim perceber os fatores envolvidos nesta atividade.

1.5 Metodologia de trabalho

Tendo em conta a dimensão do projeto, demonstra-se necessário dividi-lo em objetivos mais concisos e lógicos.

O modelo atual baseia-se na experiência dos trabalhadores responsáveis pelas mudanças, estando pouco estruturado e normalizado. No futuro este modelo pode tornar-se um problema caso esses mesmos trabalhadores não possam efetuar o seu serviço.

Assim, a metodologia ou fases de abordagem serão:

- Analisar a estruturação do produto (componentes principais, acessórios e as ferramentas utilizadas para cada componente);
- Analisar a estruturação das linhas de montagem, os processos que a envolvem e fazer o levantamento dos mesmos (layout geral);
- Compreender a montagem dos diferentes modelos e as diferenças existentes na linha para cada modelo;
- Analisar mudanças necessárias na linha por modelo (mudar pistolas, gabarito³, posicionamento de pistola) e tirar tempos às diferentes mudanças;
- Fazer levantamento e identificar todos os materiais, calhas e picagens de ar na linha e medidas das mesmas, para depois se iniciar a normalização do processo de mudança;
- Identificar problemas com setups (analisar tempos de paragem) e procurar soluções;
- Quantificar tempos de setup com *KPI's*, através de, por exemplo, registo “time-stamp” da impressão de etiquetas no fim de linha e tempos de setup medidos;
- Estudar metodologia SMED e aplica-la na linha (por posto ou por setup) para colmatar problemas nas mudanças, na tentativa de diminuir tempos de setup e aumentar a produtividade.

No final do projeto, pretende-se ter um processo de *changeover* standardizado e uma diminuição nos tempos do mesmo.

1.6 Estruturação do documento

No Capítulo 1, realiza-se o enquadramento da presente dissertação. Apresenta uma breve introdução, a apresentação da empresa e o enquadramento no qual foi realizado este projeto e ainda, os seus objetivos e motivação, tal como a metodologia de trabalho seguida.

³Molde em nylon, à escala, que é utilizado para traçar, verificar ou controlar o perfil ou as dimensões que devem ter certos objetos, nomeadamente os volantes, os avanços e os selins. Assim a montagem dos mesmos é consistentemente feita com o maior rigor possível e sem deformações.

O Capítulo 2, contém uma revisão bibliográfica dos principais temas abordados, como por exemplo: linhas de montagem, lean production, melhoria contínua e metodologia SMED, 5S e kaizen. Com isto, procura disponibilizar um suporte teórico sobre o desenvolvimento do trabalho.

No Capítulo 3 apresenta-se os processos produtivos atuais das linhas de montagem em análise, juntamente com a sua organização e métodos de trabalho aplicados.

O Capítulo 4 descreve o trabalho realizado, metodologia adotada para a redução do tempo de setup, e as suas fases de implementação. É neste capítulo que são apresentados os problemas associados ao processo de setup, tal como as propostas dadas no sentido da eliminação desses problemas, bem como os impactos provocados com a sua aplicação.

No Capítulo 5, apresenta-se a análise de resultados obtidos no decorrer desta tese.

Finalmente, no Capítulo 6, apresentam-se as principais conclusões retiradas da realização deste projeto, bem como as propostas para trabalho futuro a desenvolver.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo serão abordados conceitos teóricos que serviram de suporte ao desenvolvimento do projeto, nomeadamente metodologias de Lean Production como: SMED, 5S e Kaizen.

No início do capítulo será feita uma breve introdução às linhas de montagem e à produção Lean, de seguida passar-se-á à apresentação de algumas metodologias, destacando o SMED dado o seu carácter central neste projeto.

2.1 Linhas de montagem

Uma linha de montagem é uma forma de produção em série, onde vários operários e máquinas, especializados em diversas funções específicas e repetitivas, trabalham de forma sequencial para obter um produto final, acabado ou semi-acabado.

A montagem em série foi concebida por Henry Ford em 1913, sendo inicialmente destinada para fabricar automóveis (Ford). Desde essa data, esta foi considerada uma das maiores inovações tecnológicas da era industrial, pois graças a ela o tempo de produção de um produto sofreu um decréscimo significativo [1], permitindo que dessa maneira se produzisse em maior quantidade, o que mais tarde acabou por se refletir no preço dos produtos, tornando assim os mesmos mais acessíveis a outras classes sociais.

A eficiência das linhas depende da combinação de quatro condições indispensáveis:

- Componentes standardizados;
- Movimento mecânico;
- Equipamento de precisão;
- Processos padronizados;

Esta invenção da era industrial veio proporcionar uma produção mais padronizada, automática e eficaz, aumentando a produtividade das empresas. Com esta inovação foi possível produzir produtos standard em larga escala, permitindo altas taxas de produção por trabalhador e ao mesmo tempo disponibilizar produtos a preços baixos. Este tipo de produção ficou conhecido como produção em massa.

2.2 Produção Lean

Os clientes e os mercados evoluíram para um nível de exigência elevadíssimo, onde a diversidade, relação preço/qualidade e rapidez na entrega dos produtos tem um papel crucial para satisfazer as necessidades dos mesmos. Assim, a concorrência empresarial tornou-se mais competitiva do que nunca e é cada vez mais complicado para as empresas subsistir nestes mesmos mercados.

Daí surge a *Lean Production*, esta abordagem consiste num conjunto de princípios inovadores relacionados com a gestão dos materiais (matérias-primas, produtos em processo, componentes, conjuntos e produtos acabados) e da mão-de-obra nas organizações. Foca-se, principalmente, na redução de desperdícios, procurando assim, diminuir custos e tempos de produção, possibilitando uma melhoria significativa na qualidade dos produtos e uma maior flexibilidade na produção. As ferramentas "lean" incluem processos de análise contínua (kaizen), sistema de produção "pull" e elementos/processos à prova de falhas (Poka-Yoke).

Segundo Upton (1996) flexibilidade pode ser definida de duas formas:

- Capacidade de trocar rapidamente a produção, possibilitando uma maior capacidade de resposta às variações da procura;
- Capacidade de produzir uma grande variedade de produtos [2].

Esta maior flexibilidade no sistema produtivo é fundamental para as empresas, uma vez que necessitam de colocar novos produtos no mercado, mantendo sempre os custos produtivos o mínimo possível. [3].

A lean production foi desenvolvida, inicialmente, pelas empresas Japonesas e teve origem nos estudos desenvolvidos por Ohno na Toyota a partir dos anos 50, mas só nos anos 80 é que ocorreu a sua expansão para o mundo ocidental.

Esta filosofia procura gastar apenas o indispensável para acrescentar valor ao produto e defende a produção de pequenas quantidades de diversos produtos para atender uma procura diversificada (direccionada para o cliente).

Os pontos chave do Lean Production são:

- **Qualidade do produto** - procura obter "zero defeitos", assim como detetar e solucionar os problemas na sua origem;
- **Minimização de desperdícios** - eliminação de todas as atividades que não têm valor agregado e otimização dos recursos (capital, pessoas e espaço);
- **Melhoria contínua** - redução de custos, melhoria da qualidade e aumento da produtividade;
- **Processos "pull"** - os produtos são "retirados" pelo cliente final, ao invés de serem empurrados para o fim da cadeia de produção (0 stock). Há a necessidade de identificar grupos de consumidores com diferentes necessidades, dispondo-lhes produtos feitos à medida;

- **Flexibilidade** - produzir rapidamente diferentes lotes de grande variedade de produtos, sem comprometer a eficiência, devido a volumes menores de produção.

Resumindo, Lean é tudo o que remete à obtenção de materiais de boa qualidade, no local correto, na quantidade correta, minimizando o desperdício, sendo flexível e aberto a mudanças. Onde, só os produtos que são vendidos é que são produzidos e a produção realiza-se num fluxo contínuo que alcança o respetivo posto “Just in Time”. [4]

Na Lean Production os stocks são vistos como desperdício, estes escondem os verdadeiros custos e consequentes problemas da linha de produção. Ao reduzir os stocks problemas como, a ocupação e imobilização do espaço e custos de manutenção e armazenamento inerentes aos stocks são também reduzidos, ou até inexistentes, num cenário ótimo.

Para obter uma produtividade com diversidade num contexto *Lean*, Ohno propôs a “fábrica mínima”, procurando uma redução de todos os recursos em stock (materiais, equipamentos, área construída, recursos humanos). Nesta, a transparência deveria predominar no ambiente de trabalho e nos processos.[5]

Por fim, é importante referir que este conceito tem agregado várias ferramentas, métodos e princípios, tendo por base o mesmo objetivo, a eliminação de desperdícios.

Neste trabalho, em particular, foram selecionadas as seguintes: SMED (Single Minute Exchange of Die), QCO (Quick ChangeOver), 5S e Kaizen.

A metodologia 5S, está associada à organização e limpeza do posto de trabalho e, segundo os seus criadores, todas as ações desenvolvidas no contexto da Lean Production, devem começar por pelo menos dois anos de campanha dos 5S.

Outra ferramenta utilizada é a metodologia Kaizen, que, traduzindo à letra, significa melhoria contínua. Esta ferramenta tem uma aplicação bastante ampla, que vai desde os processos produtivos até aos processos administrativos, passando por áreas como, por exemplo, a manutenção.

Por último, devido ao seu caráter central neste projeto, é deveras importante referir o método SMED. Esta metodologia surge quando Shigeo Shingo desenvolve um programa para diminuir o tempo de imobilização do equipamento na mudança de formato (layout), o Single Minute Exchange of Die (SMED). A redução do tempo de imobilização dos equipamentos para minutos ou mesmos segundos iria permitir rentabilizar a produção de pequenos lotes, reduzindo assim os vários custos relacionados com a manutenção e manipulação de stocks. [6]

A implementação de todas estas técnicas, juntamente com a normalização do processo de mudança na RTE é extremamente relevante, possibilitando a criação de um fluxo produtivo contínuo, diminuindo tempos de paragem prejudiciais à produtividade da mesma.

Nos seguintes subcapítulos irá descrever-se de uma forma mais complexa e exaustiva as referidas metodologias.

2.2.1 Ferramentas *Lean*

Rapidamente muitas organizações, tomando consciência da superioridade do sistema utilizado pela Toyota, tentaram aprende-lo, constatando a existência de várias ferramentas utilizadas por

eles que até então nunca tinham observado. Acreditando que essas ferramentas eram a raiz da sua vantagem competitiva, tentaram copia-las.

Algumas das principais ferramentas do sistema de produção Toyota são:

- **Gestão visual do posto de trabalho:** organização da informação sobre os processos de produção, no local onde é necessária, e de modo a ser de fácil visualização e acesso.

- **5S** (organização do posto de trabalho): processo de limpeza do local de trabalho, eliminação de itens desnecessários e rearranjo dos restantes de modo a otimizar a sua utilização. A designação 5S advém de cinco palavras japonesas: *seiri* (sort/separação), *seiton* (stabilize/arrumação), *seiso* (shine/limpeza), *seiketsu* (standardize/padronização), *shitsuke* (sustain/auto-disciplina);

- **Standardized work** (trabalho normalizado): define a forma mais fácil e segura de efetuar um trabalho;

- **Heijunka** (produção nivelada): visa distribuir o volume de produção de forma nivelada e uniforme ao longo do tempo;

- **Takt time:** é uma ferramenta de ligação entre a produção e o consumidor, adequando a produção à taxa de vendas. Ou seja, produzir de acordo com este tempo é colocar as necessidades dos clientes à frente de qualquer outra necessidade.

- **Quick changeover (SMED):** rápida mudança do processo de fabrico e redução de tempos de setup, de modo a possibilitar, por exemplo, a produção de lotes mais pequenos e a redução de stocks.

- **Jidoka** (automação/autonomia): Aumento da produtividade através da eliminação da necessidade de um operador a controlar e observar a máquina continuamente, uma vez que a máquina passa a não necessitar de operador quando trabalha normalmente, e para automaticamente perante situações anormais. Só nessas paragens, é que haverá necessidade de um operador.

- **Poka-yoke** (sistema à prova de erros): *poka* significa erro inadvertido e *yoke* significa prevenção. Este sistema reconhece que as pessoas ou as máquinas por vezes cometem erros, e portanto, tenta evitar que esses erros se tornem defeitos, através de inspeção para prevenção.

- **Andon:** sistema de aviso de problemas em equipamentos ou processos, que consiste na incorporação de sinais luminosos que indicam o local de ocorrência desse mesmo problema. O alerta pode ser ativado pelos operadores através de um botão, ou até pelo próprio equipamento. Permite que aquando da ocorrência de qualquer defeito, o operador possa parar a produção e solicitar assistência técnica. Serve também como apoio à produção, estando interligado com os programas de gestão da produção, como por exemplo SAP, dando leituras como: ordem de produção atual e seguinte, objetivos de produção, produção atual, entre outros.

- **Fluxo contínuo de produção:** cada etapa de um processo precedente termina exatamente antes do processo seguinte necessitar do item. Ou seja, o objetivo é interligar os processos de modo a eliminar desperdícios, reduzir *lead time*, aumentar a qualidade, promover trabalho em equipa, e aumentar a produtividade.

- **Sistema Pull:** vieram substituir os sistemas push de produção para stock, modificando a forma de produzir das empresas, atendendo às necessidades dos clientes, e portanto, produzindo apenas em caso de encomenda. Kanbans são utilizados frequentemente neste tipo de sistemas.

2.2.2 Sistema de produção Toyota

Após várias tentativas frustradas de replicar as ferramentas utilizadas pela Toyota, verificou-se que estas, por si só, não eram a razão do sucesso da empresa japonesa.

O sistema de produção da Toyota é formado por quatro regras implícitas:

1. Todo trabalho deve ser altamente especificado no seu conteúdo, sequência, tempo e resultado.
2. Toda a relação cliente-fornecedor (interno e externo) deve ser direta, com um canal definido e claro para enviar pedidos e receber respostas.
3. O fluxo de trabalho e processo para todos os produtos e serviços deve ser simples e direto.
4. Qualquer melhoria deve ser feita pelo método científico, sob a coordenação de um orientador e no nível mais baixo da organização.

Taiichi Ohno (1912-1990), Shingeo Shingo (1909-1990) e Eiji Toyoda (1913-2013) desenvolveram o sistema inicialmente entre 1948 e 1975. Até 1970 a Toyota não tinha um nome específico para sua estratégia de produção e à medida que o sistema foi-se alastrando do Japão até ao Ocidente, o sistema foi adquirindo outros nomes. Os fundadores da Toyota estudaram o trabalho de Deming o que constitui como fundamento do sistema Toyota. [7]

Taiichi Ohno que continuou a melhorar o processo posto em prática pela Toyota, credita as suas contribuições ao TPS a dois conceitos principais, o primeiro do livro de Henry Ford *Today and Tomorrow*, foi a linha de montagem em movimento que providencia as bases para a produção e os sistemas de montagem usadas na TPS. O segundo foi o supermercado que observou durante a sua visita aos Estados Unidos em 1956, que providenciava alimentação contínua. Este deu a Ohno a ideia de um sistema onde cada processo de produção abastece o processo seguinte de forma ininterrupta. [8]

O que hoje é conhecido, entre outros nomes, por **Toyota Way**, defende duas políticas base: a melhoria contínua e o respeito entre todos.[9]

Todas as ferramentas e ideais deste sistema encontram-se interligados, e só aplicando-os em conjunto é possível alcançar todas os seus benefícios. Ou seja, implementar algumas ferramentas pode gerar melhorias, mas as vantagens de implementar o sistema completo são muito superiores.

Nesta perspetiva de sistema, o TPS passou a ser interpretado como uma forma de eliminar totalmente os desperdícios, sendo suportado por dois pilares, Just in Time (JIT) e Jidoka (automação inteligente ou automação com toque humano) e estruturado conforme uma casa. Essa “casa”, apresentada na Figura 2.1 [10], representa a importância da interligação entre setores (ferramentas) para se garantir um sistema fortalecido e sólido.



Figura 2.1: "Casa" Toyota

2.2.2.1 Just-in-Time (JIT)

O sistema JIT consiste em assegurar que é produzido apenas o necessário, na quantidade exata, no momento certo. [11]

Com este sistema, pretende-se que o produto ou matéria-prima chegue ao local de utilização somente no momento exato em que for necessário e os produtos serem somente fabricados ou entregues na altura de serem montados ou vendidos, respetivamente.

Este conceito foi desenvolvido por Kiichiro Toyoda, fundador da Toyota Motor Corporation, após este estudar o modelo de produção em massa da Ford (modelo Ford T). Toyoda, por não ter meios económicos ou espaço para suportar stocks, procurou uma solução que lhe permitisse produzir apenas no momento certo e nas quantidades pretendidas.

Esta solução consistiu no encadeamento dos processos de produção, através do desenvolvimento de algumas das ferramentas apresentadas anteriormente, como o *takt time*, o fluxo contínuo de produção, a criação de sistemas *pull*, ou produção nivelada.

2.2.2.2 Jidoka

Jidoka é um sistema de controlo de defeitos que permite impedir que estes passem para a seguinte etapa de um processo. [11]

O objetivo deste sistema é aumentar a qualidade dos processos, assegurando que as causas de anormalidades são procuradas, encontradas, e eliminadas. Como ferramentas utilizadas a este nível, a Toyota usava a autonomia (automação com toque humano) e automação, andon, sistemas à prova de erros, ou gestão visual do posto de trabalho.

2.2.2.3 Kaizen - 'Hoje melhor do que ontem, amanhã melhor do que hoje!'

Kaizen remete para uma filosofia ou práticas que incidem sobre a melhoria contínua de todos os processos de uma organização. É uma palavra de origem japonesa que significa "mudança para melhor", usada para transmitir a noção de melhoria contínua na vida em geral, seja ela pessoal, familiar, social ou no trabalho.

Para o método Kaizen, é essencial que não passe nenhum dia sem que alguma melhoria seja implementada numa empresa. Estas melhorias são do tipo “step by step” (ou uma etapa de cada vez) e visam o aperfeiçoamento das pessoas e a otimização dos processos dentro da organização, tendo por características principais o seu baixo custo e o tempo reduzido de implementação. [12]

Esta metodologia, através da eliminação do desperdício dentro da organização, gera resultados concretos para que esta, a cada dia, torne os seus processos mais eficazes, eficientes, económicos e, acima de tudo, adequados às necessidades dos clientes.

É considerado o elemento central do TPS, e consiste na execução de dois tipos de atividades: atividades de manutenção (manter a atual situação e padrões tecnológicos, de gestão e operacionais), e atividades de melhoria (melhorar esses padrões). Sem manutenção não é possível obter consistência nos produtos, e sem melhoria a empresa não se consegue manter competitiva.

Como ferramenta de monitorização e gestão de ações de melhoria contínua, utiliza-se frequentemente os chamados ciclos PDCA [13].

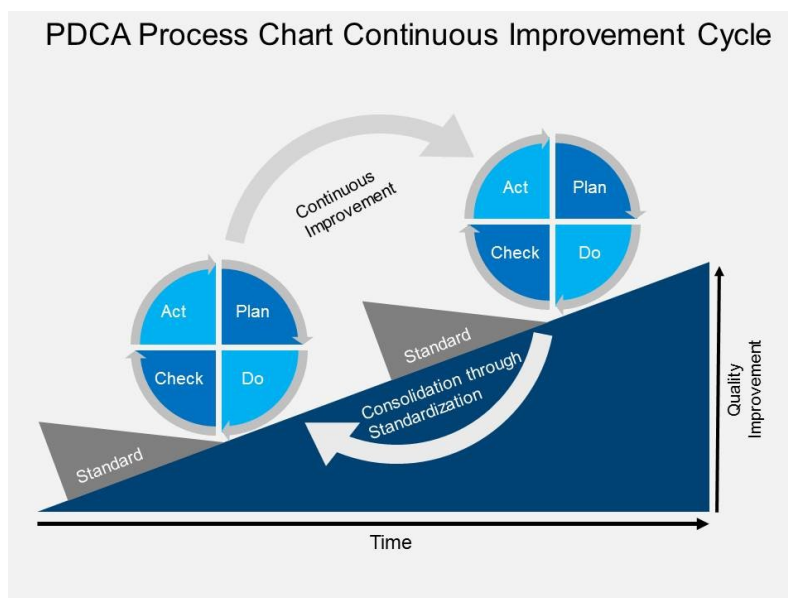


Figura 2.2: ciclo PDCA

As 4 fases deste ciclo são:

1. **PLAN** (Planeamento): identificar e analisar o problema ou a oportunidade e estabelecer objetivos, procedimentos e processos necessários para obtenção dos resultados pretendidos.
2. **DO** (Execução): realizar, executar, testar as atividades planeadas.
3. **CHECK** (Verificação): monitorizar e avaliar periodicamente os resultados, comparando-os com o que foi planeado. Decidir se vale ou não a pena implementar a ideia.
4. **ACT** (Agir): Agir de acordo com as avaliações executadas, e eventualmente, planear novos planos de ação, de forma a aprimorar os resultados já obtidos.

2.2.3 Recursos humanos no Lean

Em todo o sistema Lean, os recursos humanos são um dos recursos chave, pois influenciam positivamente ou negativamente o sucesso ou fracasso de um projeto de melhoria contínua.

Deste modo o envolvimento das pessoas é fundamental, devem ser treinadas para reconhecer o desperdício, identificar problemas e as suas causas. Os problemas são identificados e resolvidos de maneira mais eficaz e eficiente no terreno, daí a importância dada, por este sistema, ao *genchi genbutsu*. Este conceito sugere que para realmente perceber um problema é necessário ir ao *gemba*, “lugar onde as verdadeiras ações acontecem” (Imai, 1997), e observar presencialmente o que se passa.

Assim, pode-se concluir que o sistema TPS faculta ferramentas de melhoria contínua aos colaboradores de uma organização, cuja interação pode ou não levar a organização a atingir metas como: aumento da qualidade, redução de custos de produção, redução de tempos de produção e aumento da segurança. Como afirma Liker (2004), “cada elemento da casa por si só é crítico, mas o mais importante é a forma como os elementos se reforçam mutuamente”. [10]

Desse modo, redefine-se o TPS como uma filosofia e surge o termo Lean Thinking, estruturado segundo quatro categorias como representado na figura seguinte:

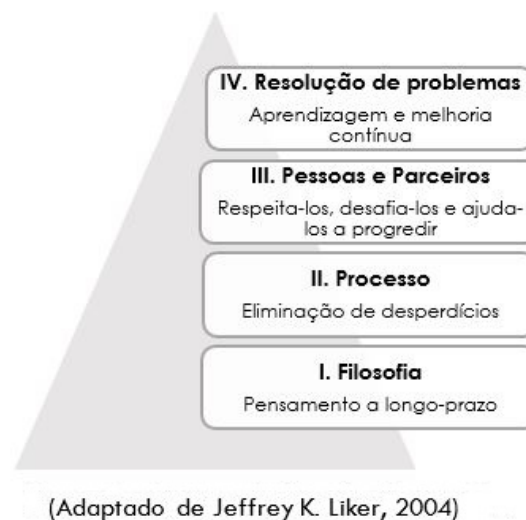


Figura 2.3: Filosofia Toyota

2.3 SMED

SMED (Single-Minute Exchange of die) é uma abordagem simples e universal, originalmente criada para melhorar o processo de setup das impressoras de tinta (“die”), mas ,atualmente, é utilizada em diferentes indústrias por todo o mundo.

Foi desenvolvida por Shigeo Shingo e o seu objetivo é diminuir tempos de setup, olhando para esse processo com uma perspectiva diferente. Ao observar as mudanças e as tarefas executadas pelas pessoas durante as mesmas, aprendeu o que realmente é indispensável e o que é desperdício de tempo, sendo assim capaz de apresentar uma série de técnicas que possibilitam diminuir drasticamente tempos de setup e, apesar de nem sempre ser possível, pretende que essas mudanças sejam efetuadas em menos de 10 minutos (single-minute range).

Assim, o sistema SMED procura ensinar maneiras simples de reduzir dificuldades consumidoras de tempo ou atividades que levem a desperdício de recursos durante as mudanças, retirando a suposição de que os setups demoram muito tempo e aumentando a competitividade das empresas que o apliquem de forma correta.

Hoje em dia, os clientes preferem uma grande variedade de produtos em quantidades reduzidas, produtos exclusivos com boa relação preço/qualidade e entregas rápidas. Ter um processo de mudança eficaz é crítico para qualquer organização que tem este tipo de produção, chamada JIT (Just-In-Time), que depende do fluxo de uma linha de montagem, onde tempos de paragem na produção e inventário desnecessário armazenado significam custos.

Para combater a necessidade dessas mudanças, algumas empresas preferem produzir em lotes maiores, planeando a produção de forma a diminuí-las, o que pode levar a algumas desvantagens.

Por outro lado, as indústrias que escolham aplicar esta metodologia juntamente de uma produção em lotes menores, terão a oportunidade de alcançar vantagens como:

- **Maior Flexibilidade** - As empresas podem ir ao encontro das necessidades dos seus clientes sem despesas em inventários adicionais;
- **Entregas mais rápidas** - Lotes menores significam menor lead-time, menores tempos de aprovisionamento, o que leva a menor tempo de espera por parte do cliente;
- **Maior qualidade** - Simplificando as operações de setup diminui os defeitos devido aos erros de setup e quantidades de stock armazenado reduzidas possibilita uma diminuição de defeitos derivados ao seu armazenamento;
- **Maior produtividade** - Reduzir os tempos de setup reduz os tempos de paragem, o que se traduz num aumento da produtividade. [14]

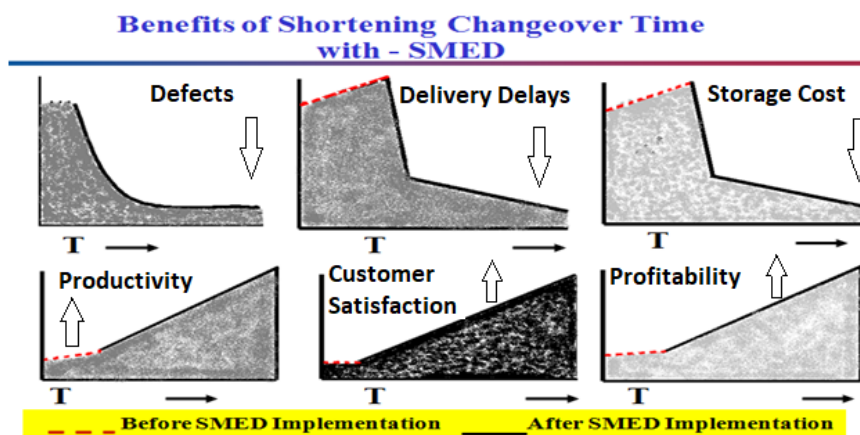


Figura 2.4: Vantagens vs. Desvantagens do sistema SMED

Para além de beneficiar as empresas, mudanças mais eficazes também ajudam os trabalhadores:

- Setups mais simples resultam em mudanças mais seguras;
- Menor inventário significa espaço de trabalho mais limpo e organizado;
- Ferramentas de setup normalizadas e organizadas proporcionam uma mudança mais simples.

2.3.1 Tipos de Setup

A etapa de setup pode ser definida como um processo de mudança da produção de um produto para outro numa mesma máquina ou equipamento que exija troca de ferramenta ou dispositivos, assegurando que os equipamentos produzam de acordo com o resultado esperado.

Assim, as operações de setup são todas as operações de preparação ou de ajuste que são efetuadas antes e depois de um determinado lote ser processado.

Shingo procurando uma análise mais profunda, identificou dois tipos de operações de setup:

- **Setup Interno** – Só pode ser realizado com a máquina desligada, como ajustes ou calibrações das máquinas;
- **Setup Externo** – Pode ser realizado com a máquina a trabalhar, como por exemplo procurar e reunir o material e ferramentas a utilizar no lote seguinte.

2.3.2 Passos de um setup

| Steps in Setup | Proportion os Setup Time Before SMED Improvements |
|--|---|
| 1. Preparation, After-process adjustments, checking of materials and tools | 30% |
| 2. Mounting and removing blades, tools, and parts | 5% |
| 3. Measurements, settings, and calibrations | 15% |
| 4. Trial runs and adjustments | 50% |

Tabela 2.1: Passos de um setup e o tempo que cada consome

1. Neste primeiro passo é suposto assegurar que todas as ferramentas e materiais estão no lugar devido e a funcionar corretamente (preparação e ajustes);
2. O segundo passo inclui a remoção das ferramentas e/ou máquinas que estavam em uso no lote anterior e colocar as que irão ser usadas no próximo lote (montagem e remoção);
3. O terceiro passo refere-se a todas as medições e calibrações que necessitam de ser feitas às máquinas e/ou ferramentas a ser usadas na produção do lote seguinte;
4. No quarto e último passo, são feitos os ajustes finais depois de testar a calibração inicial, por isso quanto melhor for a calibração no passo anterior, menos tempo se perderá neste passo.

2.3.3 Implementação da metodologia SMED

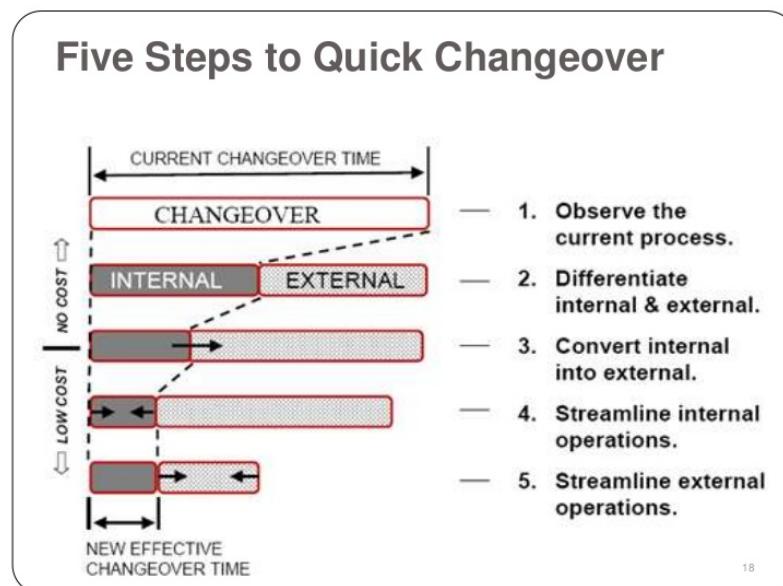


Figura 2.5: 5 passos para a implementação da metodologia SMED

Como é possível averiguar na figura 2.5 [15] separar e converter setups internos em externos são dois passos fundamentais para diminuir tempos de paragem e aumentar a produtividade.

Ao separar as tarefas internas das externas e executando, sempre que possível, as internas como externas, proporciona uma diminuição de 30%-50% no tempo de setup. Para isso, há uma série de técnicas como por exemplo: checklists, function checks, ou reestruturar/melhorar o transporte dos materiais durante o setup. Para tentar transformar tarefas internas em externas existem 3 técnicas:

- Preparar as operações antecipadamente;
- Normalizar as funções/tarefas essenciais;
- Utilizar meios de apoio à produção.

Por fim, numa tentativa de superar o tempo perdido na última fase do setup (*Trial runs and adjustments*) esta metodologia defende que, para eliminar ajustes desnecessários os operadores devem confiar menos na sua intuição e mais em valores numéricos estabelecidos e constantes para configurar as máquinas. Só assim será possível obter o mesmo setting em todas as configurações e diminuir drasticamente o tempo de setup. [6]

Na implementação desta metodologia devem ser seguidos os seguintes procedimentos:

1. Observar o procedimento utilizado atualmente;
2. Classificar todas as operações efetuadas , internas e externas;
3. Converter as operações internas em externas;
4. Desenvolver soluções que permitam reduzir o tempo das operações internas;
5. Desenvolver soluções que permitam diminuir o tempo das operações externas;
6. Criar procedimentos rigorosos de modo a reduzir falhas na realização das mudanças;
7. Voltar ao início do processo e repetir todo este procedimento com o intento de reduzir novamente o tempo de mudança.

Para obter bons resultados através deste método, é necessário estar continuamente a analisar o processo. Ao implementar novas soluções cada vez que este é aplicado, é possível conquistar ganhos produtivos constantemente.

2.4 Metodologia 5S

Tendo em conta que muitos dos conceitos da "Qualidade Total" se fundamentam na teoria da melhoria contínua – *kaizen*: kai (mudança) e zen (para melhor) – torna-se, inicialmente, necessário estabelecer a cultura para tal mudança, usando para esse efeito o programa 5S.

A metodologia 5S tem, então, como objetivo mobilizar, motivar e consciencializar toda a organização e seus colaboradores para a Qualidade Total, através da organização, manutenção e disciplina no local de trabalho. Funciona como um meio e como um incentivo para a prática da

melhoria contínua. Trabalho eficiente e qualidade requer um ambiente limpo, arrumado, seguro e, acima de tudo, disciplina no local de trabalho.

Através deste programa é possível desenvolver um planeamento sistemático, permitindo de imediato maior produtividade, segurança e motivação dos funcionários, com consequente melhoria da competitividade da organização.

Os 5S podem ser implementados como um plano estratégico que, ao longo do tempo, passa a ser incorporado na rotina da organização, contribuindo para a conquista da Qualidade Total e tendo como vantagem o facto de provocar mudanças comportamentais em todos os níveis hierárquicos.

[16]

Os seus principais objetivos são:

- Eliminação dos desperdícios;
- Redução de custos;
- Desenvolvimento do trabalho em equipa;
- Melhoria do ambiente de trabalho;
- Redução de acidentes do trabalho
- Envolvimento e motivação dos colaboradores para os princípios da melhoria contínua;
- Melhoria da qualidade de produtos e serviços;
- Preparação de cada trabalhador para a manutenção das condições do seu local de trabalho.

2.4.1 Etapas dos 5S

O nome 5S baseia-se numa prática desenvolvida na cultura japonesa e provém da primeira letra de cinco palavras em japonês: seiri, seiton, seiso, seiketsu e shitsuke.

SEIRI – triagem, seleção

SEITON – arrumação, ordenação

SEISO – limpeza, manutenção

SEIKETSU – normalização, padronização

SHITSUKE – disciplina

1) *Seiri*: Escolher e Eliminar (Triagem) - Consiste em analisar e distinguir itens necessários dos desnecessários. Determinar a frequência de uso de todos os itens, identificar as fontes de sujidade e eliminar os itens não necessários. Com isto consegue-se libertar espaço na área de trabalho, reduzir desperdícios, melhor organização pessoal e eliminação do excesso de materiais.

2) *Seiton*: Organizar e Identificar (Arrumação) - “*Um lugar para cada coisa, cada coisa no seu lugar*”. Consiste na análise da situação atual, estudar como organizar os materiais e objetos, determinar onde os localizar e identifica-los. A arrumação e identificação tem como principais objetivos a facilidade em localizar, armazenar e aceder a materiais e objetos, poupando-se tempo nesse processo.

3) *Seiso*: Limpeza - Desenvolvimento de atividades de limpeza para restaurar e manter as condições da área de trabalho. Limpar procurando soluções para a eliminação de causas de desordem e sujeira. "*Educar para não sujar*".

4) *Seiketsu*: Normalização - Processo de revisão e sistematização das três etapas anteriores. Assenta no desenvolvimento de procedimentos e normas, para garantir o uso de melhores práticas. Criação de padrões internos ao nível de documentação e arquivo, sistemas de gestão visual padronizadas com código de cores e ícones conhecidos internamente.

5) *Shitsuke*: Disciplina - Assegura a manutenção e integração das etapas anteriores nos hábitos e atitudes dos colaboradores. Pretende incentivar a melhoria contínua, procurando diminuir constantemente desperdícios. Não se limita apenas às etapas anteriores, procura o comprometimento de todos em seguir criteriosamente as normas de segurança e padrões da empresa. [16]

Toda a implementação do 5S visa melhorar a produtividade e desempenho das empresas. É um processo simples de implementar, tem baixo custo, apresenta resultados a curto prazo e envolve toda a organização, independentemente do cargo que o colaborador desempenha.

2.5 Poka-Yoke

Como referido anteriormente no capítulo 2.2.1 *poka* significa erro inadvertido e *yoke* significa prevenção. Este sistema reconhece que as pessoas ou as máquinas, por vezes, cometem erros, e portanto, tenta evitar que esses erros se tornem defeitos, através da prevenção.

É um sistema à prova de erros, introduzido em 1961 por Shigeo Shingo quando era engenheiro industrial na Toyota Motor Corporation. O termo inicial era *baka-yoke*, que significa "foolproofing" (à prova de tolos), mas em 1963 uma trabalhadora na Arakawa Body Company recusou-se a usar os mecanismos *baka-yoke* na sua área de trabalho, devido ao termo ter uma conotação ofensiva. Assim, o termo foi alterado para *Poka Yoke*, que significa "mistakeproofing" (à prova de erros).

A habilidade para encontrar erros à primeira vista facilmente é essencial, pois de acordo com Shingo, "As causas dos defeitos encontram-se nos erros do trabalhador, e defeitos surgem quando se negligenciam esses mesmos erros. Assim enganos não se transformarão em defeitos se forem descobertos e eliminados os erros de antemão"[17]

Os principais objetivos de um sistema *Poka Yoke* são:

- Eliminação de problemas causados por erros compreendendo a causa dos erros e implementando dispositivos ou processos simples para prevenir ou detetar esses mesmos erros;
- Assegurar expectativa de qualidade (objetivo: zero defeitos);
- Reduzir custos de retrabalho / sucata;
- Prevenir danos nas máquinas;
- Reduzir testes / medições.

Capítulo 3

Contextualização do problema

Neste capítulo, será analisada a estrutura do produto, dando ênfase a alguns componentes que demonstraram ser preponderantes para todo o processo produtivo e principalmente para os setups. Irá também descrever-se o processo produtivo atual das linhas de montagem onde o projeto foi desenvolvido, o processo de mudança e todas as ferramentas utilizadas nas mesmas.

A análise dos pontos críticos do processo de setup e das soluções implementadas, com apoio da metodologia SMED, QCO e 5S, será apresentada mais à frente no Capítulo 4.

As 6 linhas em análise produzem num regime de dois turnos, de 8 horas cada, apresentando uma produção de cerca de 3500 bicicletas por turno. Produzem cinco famílias de produtos, dentro das quais surge um grande número de modelos diferentes.

O processo de montagem das bicicletas conta com um grande número de operações, estando estas divididas pelos respetivos postos de trabalho nas distribuições de tarefas relativas a cada modelo.

Apresenta-se na figura seguinte (3.1) o layout da linha de montagem 1, onde se iniciou o desenvolvimento do projeto.

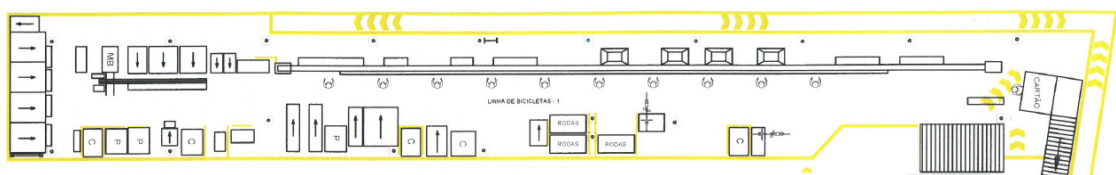


Figura 3.1: Layout da linha de montagem 1

3.1 O Produto

A RTE dedica-se à montagem de bicicletas tendo iniciado, mais recentemente, a produção de componentes como jantes, forquetas e quadros.

Por esse motivo, antes de se iniciar o trabalho foi necessário conhecer o produto, a sua estrutura e compreender todos os processos que o envolvem.

3.1.1 Famílias e Modelos

A RTE monta, hoje em dia, cerca de 60 modelos diferentes de bicicletas. Estes modelos estão divididos em 5 famílias, de acordo com 5 cores distintas: citadinas (verde), dobráveis (azul), BTT (laranja), criança (amarelo) e estrada (cinzento).

| Família | Modelo |
|-----------|------------------|
| Criança | 100 Inuit |
| | Mistigirl |
| | Poply |
| | Racing Boy |
| | Racing 500 |
| | RR Noir Jr LTD |
| Dobráveis | Tilt |
| BTT | RR 100 |
| | RR 300 Jr |
| | RR 340 |
| | RR 340 LTD |
| | RR 500 Jr |
| | RR 520 27.5 |
| | RR 520 Susp 2017 |
| | RR 540 27.5 |
| | RR 540 Susp 2017 |
| | RR 560 27.5 |
| | RR 560 Susp 2017 |
| | RR 700 Jr |
| Estrada | Triban |
| Citadinas | Original |
| | B'Original |
| | Elops |
| | Riverside |

Tabela 3.1: Modelos montados na RTE organizados por família

Dentro de cada modelo apresentado na tabela 3.1 há variações, como por exemplo de cor ou tamanho. Maior parte dos modelos são produzidos nos tamanhos XS, S, M, L, XL, com algumas exceções como nos modelos Jr (Júnior) que são fabricados num tamanho único de criança, entre outras.

Em termos de mudanças na linha, tal como será devidamente explicado mais à frente, no caso dos diferentes tamanhos dentro do mesmo modelo, apenas é necessário trocar os gabaritos¹ (imagem ilustrativa desta ferramenta presente nas figuras 3.16 e 3.10), não sendo preciso alterar nenhuma outra ferramenta. Já no caso das diferentes cores, apenas é necessário abastecer os novos quadros não sendo necessário qualquer tipo de alteração de gabaritos ou outras ferramentas.

¹Molde em nylon, à escala, que é utilizado para traçar, verificar ou controlar o perfil ou as dimensões que devem ter certos objetos, nomeadamente os volantes, os avanços e os selins. Assim a montagem dos mesmos é consistentemente feita com o maior rigor possível e sem deformações.

3.1.2 Estrutura do produto

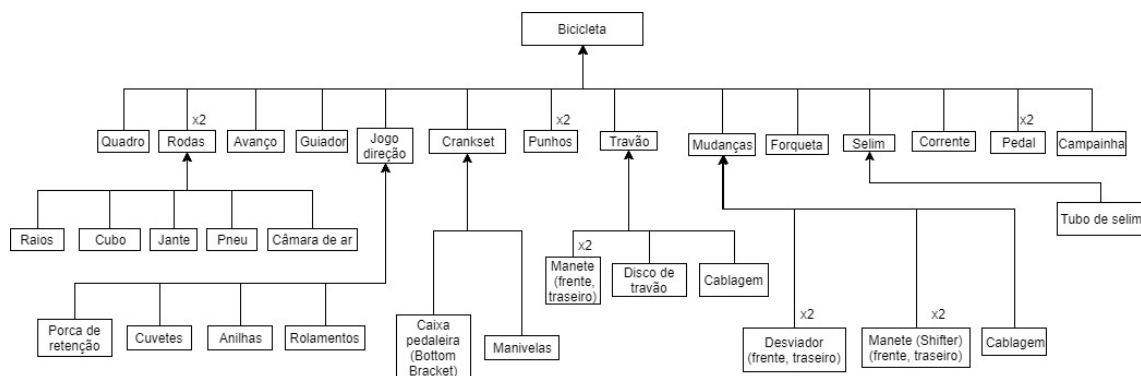


Figura 3.2: Diagrama com os componentes principais das bicicletas montadas na RTE

Na figura 3.2 estão esquematizados todos os componentes principais que são montados nas bicicletas produzidas na RTE e na figura 3.3 encontra-se uma imagem ilustrativa do modelo RR 340, apresentado na tabela 3.1, com os componentes principais que o constituem.



Figura 3.3: Imagem ilustrativa dos componentes principais do modelo RR 340

Alguns modelos, em particular aqueles pertencentes às famílias citadinas, dobráveis e de criança, para além dos componentes principais referidos anteriormente podem incluir alguns acessórios, como por exemplo:

- Proteção do desviador;
- Descanso;
- Luz;
- Cesto;
- Dínamo;
- Porta-bagagens;
- Guarda-lamas.

De seguida, irá apresentar-se de forma mais cuidada alguns componentes, dando-se ênfase à sua relevância para o projeto.

3.1.2.1 Quadro

Tal como foi mencionado anteriormente, a empresa iniciou recentemente a produção de alguns componentes, sendo um dos mais cruciais e, onde houve maior investimento, os quadros. Uma percentagem dos quadros utilizados nas bicicletas são fabricados nas instalações da RTE e os restantes são fornecidos pelo cliente (Decathlon).

Existem dois processos principais e distintos que têm de ser executados antes do quadro ser abastecido nas linhas: fabricar e pintar. No caso dos quadros que são fornecidos pelo cliente, estes terão de ser alvo de uma série de procedimentos definidos de acordo com alguns requisitos (tratamento químico, decapagem, pintura, estampagem), sendo de seguida colocados em caixas, que são armazenadas num local estratégico perto das linhas de montagem, de forma a serem abastecidos mais rapidamente nas mesmas quando for necessário. Os quadros fabricados na RTE, após serem produzidos, seguem todo o processo referido anteriormente.

O armazenamento e abastecimento dos quadros às linhas, tal como todos os restantes componentes das bicicletas, é da responsabilidade do departamento da logística e estes têm acesso às OF (Ordem de Fabrico) com antecedência, o que, juntamente com o local estratégico onde os quadros estão armazenados (assinalado na figura 3.4), possibilita um abastecimento rápido e, consequentemente, mudanças eficazes.

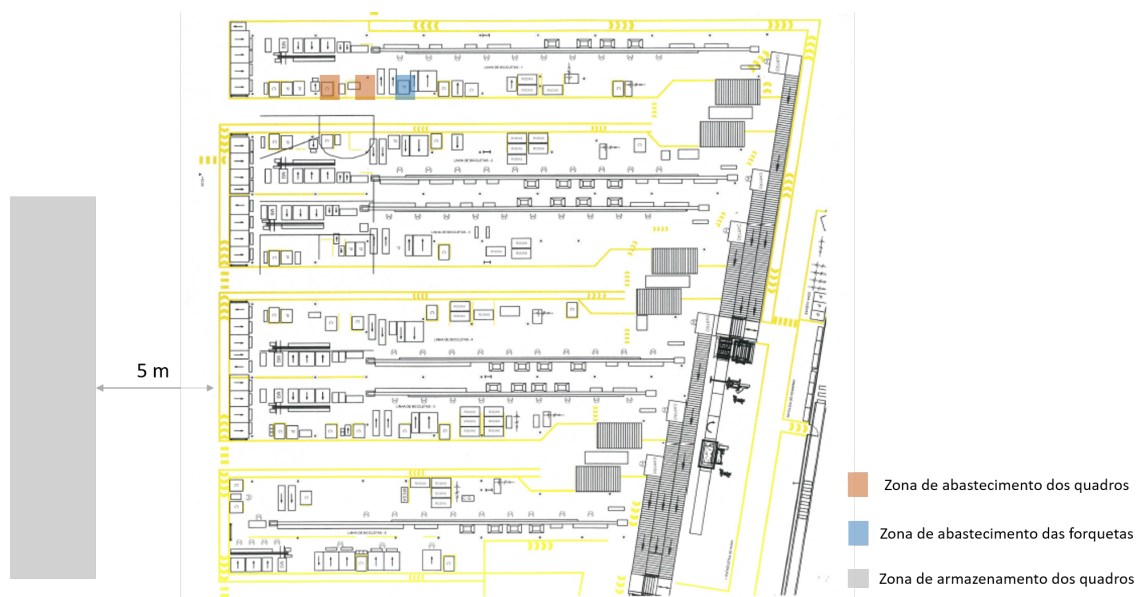


Figura 3.4: Zonas de armazenamento e abastecimento dos quadros e forquetas assinaladas

Em alguns modelos surge a necessidade de executar pré-montagens como: colocar parafusos para porta-bidons, apertar descanso, entre outros. Para realizar esse processo de pré-montagem

dos quadros utiliza-se mesas, mecos e espetos de apoio específicos para esse propósito, estando estes inseridas num conjunto de ferramentas intituladas de materiais de apoio à produção (map).

Na figura 3.5 apresenta-se os referidos espeto de apoio (E1) mesa com espeto (ME) e meco de apoio (E3) utilizados na pré-montagem dos quadros, por esta mesma ordem.



Figura 3.5: Espeto de apoio (E1), Mesa com espeto (ME) e Meco de apoio (E3), respetivamente

Na realização destas operações de pré-montagem dos quadros, no caso das mesas com espeto (imagem do meio) e dos espetos de apoio (imagem da esquerda), o quadro é colocado ao contrário (com as rodas para cima e guiador para baixo), sendo este encaixado pelo tubo de selim, tal como se pode visualizar na figura 3.6.

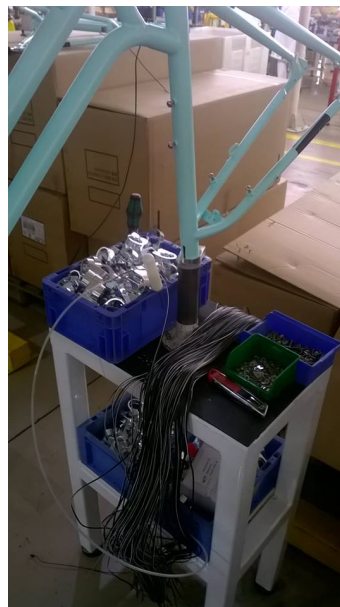


Figura 3.6: Quadro apoiado pelo tubo de selim numa mesa com espeto (ME)

Para possibilitar a execução de tarefas paralelas por parte dos operários, existem mecos de apoio e suporte E1 e E3 (lado esquerdo e direito da figura 3.5, respetivamente), onde se colocam os

quadros enquanto não está a ser realizada nenhuma pré-montagem. Nas figuras presentes no anexo A.1, é possível visualizar todos estes materiais e mais à frente, no sub-capítulo 3.3.3, estes serão apresentados com mais detalhe, incluindo a sua localização, utilização pretendida e relevância para o processo de setup.

3.1.2.2 Roda

No organograma 1.2 encontra-se assinalado a unidade orgânica onde o projeto foi desenvolvido, "Montagem Bicicletas e Rodas". Estes dois processos estão interligados, pois todas as rodas utilizadas nas bicicletas são montadas na RTE.

Nas rodas, tal como nos quadros, algumas jantes utilizadas são produzidas na RTE e outras fornecidas pelo cliente ou por parceiros. As rodas são montadas de acordo com um planeamento, que tem em consideração a necessidade das mesmas para as bicicletas a ser produzidas nas linhas.

As rodas são constituídas pela jante, raios, cubo e pneu, sendo estes componentes, à exceção de algumas jantes, fornecidos por parceiros da RTE ou pelo seu cliente (Decathlon).

Concluído o processo de montagem das rodas, estas são colocadas em carros que são distribuídos pelas linhas de montagem de bicicletas, consoante a OF a ser fabricada.

Como irá ser apresentado no próximo sub-capítulo 3.1.2.3, alguns modelos de bicicletas utilizam travões de disco, sendo estes montados nas rodas depois destas serem abastecidas nas linhas de montagem de bicicletas.

3.1.2.3 Travão

Na figura 3.7 apresenta-se um diagrama dos 3 tipos de travões montados nas bicicletas da RTE e a sua constituição.

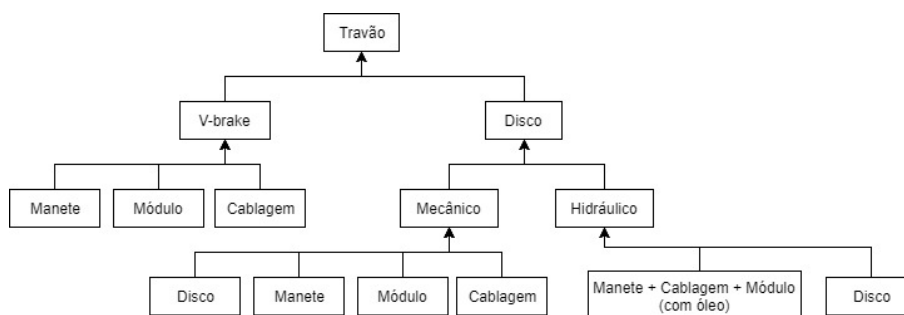


Figura 3.7: Tipos de travão montados nas bicicletas

Na figura 3.8 mostra-se essa mesma constituição dos travões V-brake, de Disco mecânico e de Disco hidráulico, em formato de imagem ilustrativa para uma melhor compreensão do seu funcionamento.

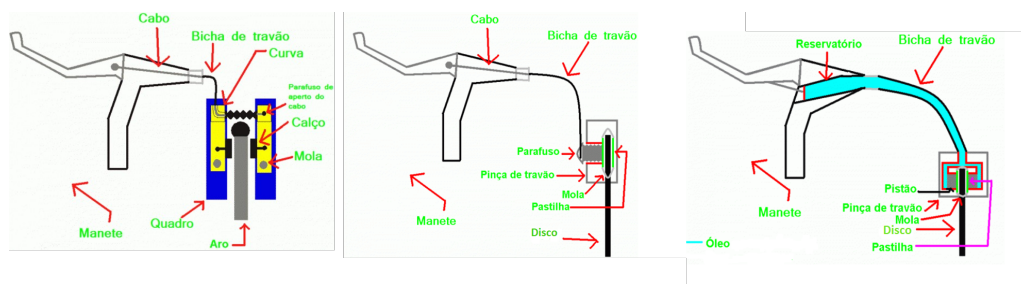


Figura 3.8: Desenho ilustrativo dos 3 tipos de travão: V-Brake, Disco mecânico e hidráulico

O V-brake continua a ser a alternativa mais utilizada nas bicicletas montadas na RTE. Na linha, o módulo do travão, ou calços, são apertados diretamente no quadro e forqueta e de seguida afinados com o apoio de uma pistola pneumática. Depois de montado e afinado é necessário cerrar o cabo de travão com recurso a um cravador de terminais pneumático. De forma a proteger esse cabo de travão, é cortado à medida, no início da linha, uma espécie de invólucro, sendo este chamado de bicha de travão, tal como será exposto na secção 3.2.1.2.

Os travões de disco mecânico e hidráulico são uma adaptação do travão V-brake, onde a diferença entre ambos é a superfície de travagem. No V-brake a superfície de travagem é a própria jante e no travão de disco é o disco que é montado na roda. Assim, nos modelos que utilizam este tipo de travão (travão de disco mecânico ou hidráulico), é necessário colocar o disco na roda antes desta ser montada na bicicleta. De seguida o módulo do travão é posicionado, apertado e afinado de modo a que as pastilhas estejam centradas com o disco. Para a colocação do disco na roda, depois destas serem abastecidas nas linhas, são colocadas num carro desenhado especificamente para este propósito e após esse processo, as rodas com disco são armazenadas em suportes, também desenhados com esse intuito específico, enquanto estas não são colocadas nas bicicletas.

Na figura 3.9 apresenta-se então o carro de pré-montagem de discos nas rodas (lado direito) e o suporte de rodas com disco (lado esquerdo).



Figura 3.9: Suporte de rodas com disco (SD) e carro de pré-montagem de discos nas rodas (CD)

Estes suportes pertencem aos materiais de apoio à produção, tal como as mesas e espetos

de pré-montagem dos quadros e são cruciais para a produção de todos os modelos que utilizem travões de disco.

Tal como mencionado antes, todos estes materiais de apoio à produção serão devidamente apresentados mais à frente e os materiais da família das rodas podem ser visualizados na figura [A.1](#) do Anexo [A.1](#).

3.1.2.4 Guiador, Avanço e Selim

Estes componentes demonstraram ter um papel determinante para o projeto desde o seu início, pois a sua montagem envolve a utilização de gabaritos, sendo estes diferentes para cada modelo e para alguns tamanhos dentro do mesmo modelo.

Como foi referido no sub-capítulo [3.1.1](#) em algumas mudanças de tamanho dentro do mesmo modelo, há a inevitabilidade de ter de se trocar os gabaritos para a montagem do avanço, volante (ou guiador) e selim, sendo nestes casos a única operação de setup necessária.

Assim, compreende-se a importância destes componentes (guiador, avanço, selim) no contexto das mudanças, afetando diretamente as mesmas, seja nas mudanças de modelo ou nas mudanças de tamanho dentro do mesmo modelo.

Na figura [3.10](#) mostra-se os 3 gabaritos (Avanço (A), Volante (V) e Selim (S)) do modelo RR 340 nos tamanhos XS, S e M.



Figura 3.10: Gabaritos do avanço (A), volante (V) e selim (S) do modelo RR 340

A utilidade e função de cada um destes três dispositivos irá ser descrita com mais detalhe na secção [3.2.1.2](#).

3.2 A linha de montagem

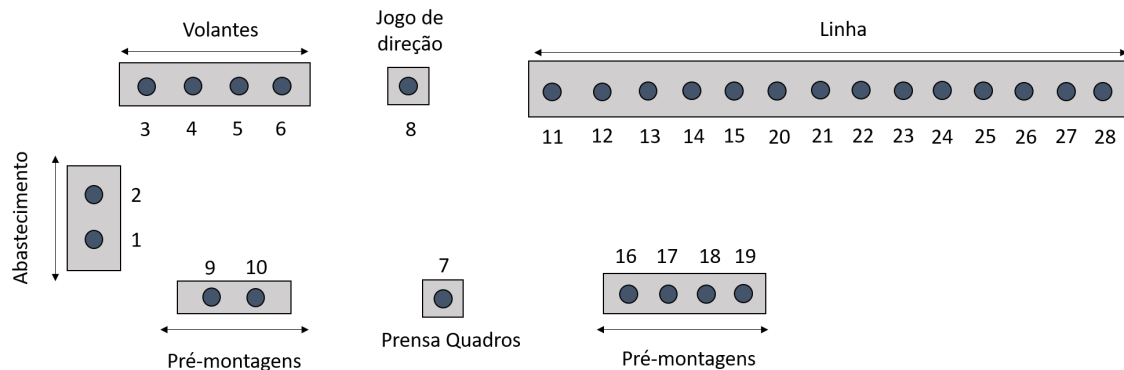


Figura 3.11: Layout da linha 1 com secções assinalados

Na figura 3.11 é apresentado o layout da linha 1 com as correspondentes secções assinaladas. Em cada secção há diversos postos de trabalho, onde se executam variadas tarefas com recurso a diferentes pistolas pneumáticas, entre outras ferramentas e materiais. Estas tarefas, bem como as pistolas utilizadas para efetuá-las, estão devidamente divididas pelos postos de trabalho nas distribuições de tarefas de cada modelo. Estas distribuições serão abordadas com mais detalhe posteriormente neste documento.

A linha 1 foi a primeira a ser implementada e serviu de base para as restantes 5, por esse motivo, entre outros, foi a escolhida para se iniciar o projeto.

De acordo com a figura 3.11 a linha encontra-se dividida em 7 secções:

- Abastecimento
- Volantes
- Pré-montagem
- Prensa Quadros
- Jogo de direção
- Linha
- Embalagem

De seguida (figura 3.12), apresenta-se o fluxograma do processo de montagem de uma bicicleta com essas mesmas secções assinaladas.

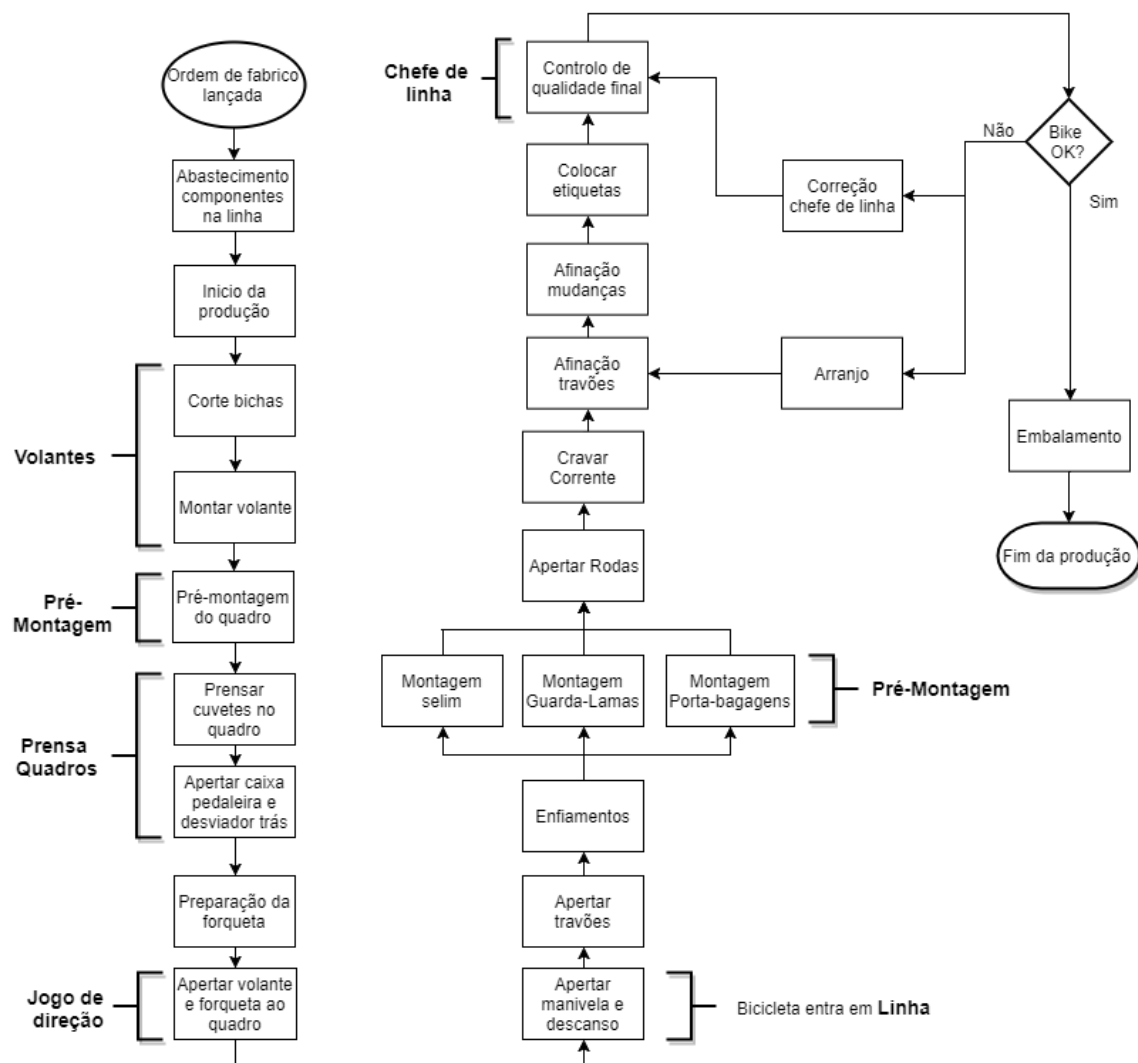


Figura 3.12: Fluxograma da montagem de 1 bicicleta

3.2.1 Secções

Nos sub-capítulos seguintes irá explicar-se com mais detalhe as secções apresentadas antes, dando ênfase à importância das mesmas para o processo de mudança.

3.2.1.1 Abastecimento

Um dos sectores cruciais para o sucesso das mudanças na RTE é o abastecimento. Nas linhas de montagem de bicicletas o abastecimento dos componentes, exceto os quadros e forquetas, tem início nos supermercados situados no topo da linha, como mostra a figura 3.13.

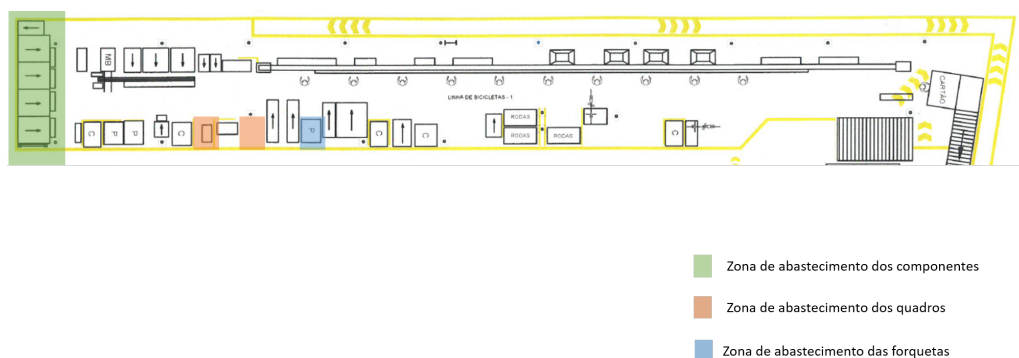


Figura 3.13: Planta da linha 1 com zona de abastecimento assinalada

A logística retira o material referente a determinada OF do armazém e abastece a linha que irá produzir essa OF cerca de 100 bicicletas antes da mudança de modelo (OF) ocorrer. De seguida, as duas colaboradoras responsáveis pelo abastecimento interno da linha (abastecedoras) retiram o material das caixas de cartão e colocam-no em caixas de plástico específicas e identificadas com a designação de cada componente. Por fim, fornecem essas caixas ao correspondente posto, começando nos volantes e acabando no fim de linha/embalagem. Este processo de abastecimento e os seus intervenientes encontram-se explicado através de um fluxograma na figura 3.14.

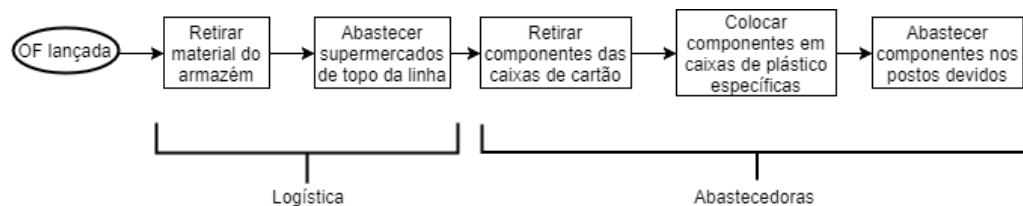


Figura 3.14: Fluxograma do processo de abastecimento das linhas de montagem

Os quadros e forquetas são abastecidos em duas zonas projetadas para esse mesmo fim, tendo em conta a sua proximidade à prensa dos quadros e prensa das forquetas, tal como apresentado na figura 3.13. Com isto, pretende-se diminuir ao máximo as deslocações desses mesmos componentes durante as operações a que são sujeitos e as dos colaboradores que os manuseiam.

No final de cada OF cada colaborador tem a obrigação de colocar o material não utilizado nas caixas para ser recolhido pelas abastecedoras. Estas estão encarregues de recolher todo o material de retorno, contabiliza-lo, guarda-lo e coloca-lo de volta ao início de linha para de seguida a logística o armazenar.

No âmbito das mudanças, este setor demonstrou ser, por vezes, um obstáculo ao sucesso das mesmas. Isto deveu-se não só à falta de abastecimento de determinados componentes, como também pelo abastecimento tardio de componentes com necessidade de ferramentas (gabaritos ou pistolas) específicas. Para além disso, o facto de os colaboradores terem de realizar o retorno do material não usado causa alguma desorganização, o que também pode prejudicar as mudanças.

No entanto, devido à complexidade de todo o processo, não foi possível realizar qualquer alteração no intuito de melhorar a logística do abastecimento durante as mudanças.

3.2.1.2 Volantes

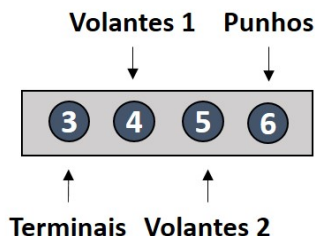


Figura 3.15: Layout da secção volantes com postos

A secção dos volantes está dividida em 4 postos, onde 4 operários executam várias tarefas, recorrendo a ferramentas como gabaritos e pistolas pneumáticas. No fim desta secção os volantes finalizados são colocados em suportes, antes de serem recolhidos pelo operário do jogo de direcção para este ser montado no quadro.

Os 4 postos e correspondentes tarefas efetuadas nesta secção são:

3. **Terminais** - Cortar gaines/bichas de travão e colocar terminais consoante as especificações do cliente, com recurso a máquinas próprias para esse efeito;
4. **Volantes 1** - Posicionar avanço e guiador no gabarito correspondente, apertar avanço no guiador e colocar manete de travão, grip/shifter e punho do lado esquerdo (travão e mudança da frente);



Figura 3.16: Volante posicionado no gabarito do avanço

5. **Volantes 2** - Colocar manete de travão, grip/shifter e punho do lado direito (travão e mudança de trás), com o apoio de um suporte;

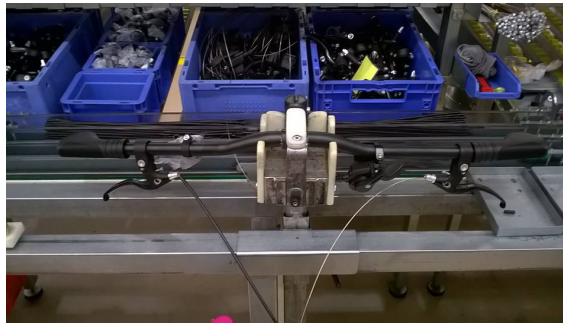


Figura 3.17: Volante posicionado no suporte

6. **Punhos** - Posicionar guiador no gabarito adequado e apertar manetes dos travões, grip/shifters das mudanças e punhos do lado esquerdo e direito.

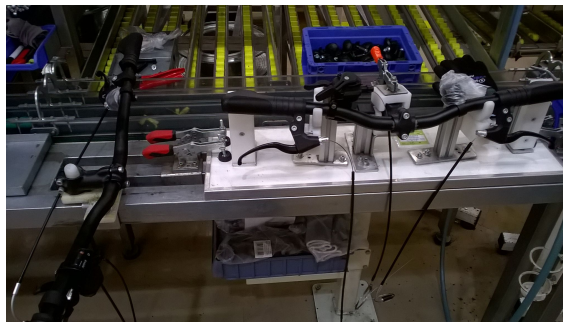


Figura 3.18: Volante posicionado no gabarito do volante

No fluxograma da figura 3.19 resume-se a montagem de um volante, descrita ao longo deste sub-capítulo.

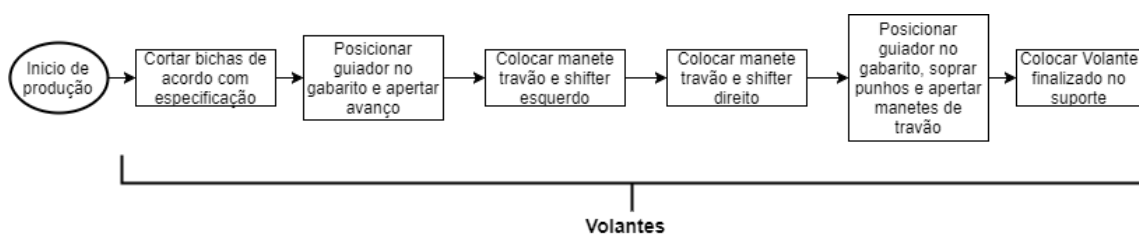


Figura 3.19: Fluxograma da montagem de 1 Volante

Da mesma maneira como o abastecimento é vital ao sucesso das mudanças, esta secção também o demonstrou ser. Isto deve-se à dependência da utilização de gabaritos para a montagem dos volantes que, tal como referido no sub-capítulo 3.1.2.4, são específicos para cada modelo e para alguns tamanhos dentro de cada modelo. Para além desta dependência, há um outro entrave que advém da indispensabilidade de colocar as pistolas nos lugares devidos para se iniciar a montagem do novo modelo após a mudança. Estas estão associadas a tarefas nas distribuições de tarefas e com o apoio dos operadores das mesmas os colaboradores responsáveis pelas mudanças

posicionam-as. Estes demonstraram ser os principais problemas, que se pretenderam solucionar ao longo do projeto, como se verá mais à frente.

3.2.1.3 Pré-montagem

Por pré-montagem entende-se todas as operações realizadas fora da linha, sejam estas efetuadas diretamente na bicicleta ou em acessórios antes destes serem introduzidos na bicicleta.

Para estas operações estão destinados dois espaços distintos na linha de montagem, ilustrados na figura 3.20, um para realizar pré-montagens na bicicleta, nomeadamente no quadro (apertar parafusos do porta-bidons, montar descanso, entre outros) e outro para montar acessórios (guarda-lamas, porta-bagagens), selins e discos nas rodas.

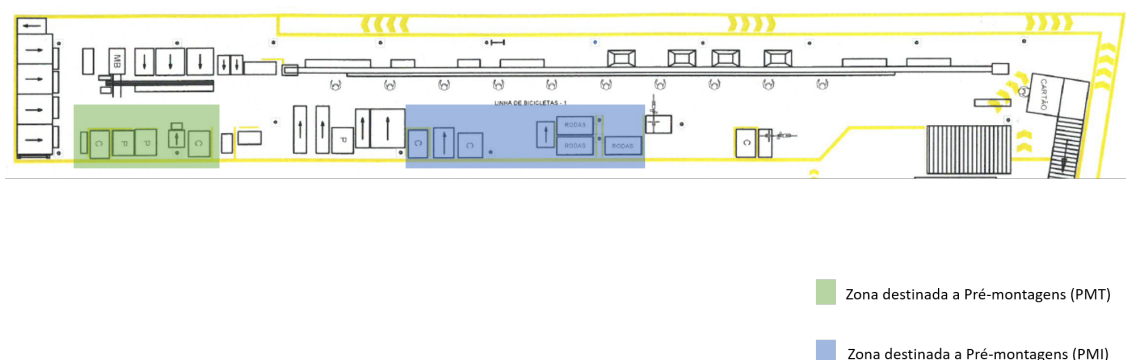


Figura 3.20: Planta da linha 1 com zonas destinadas a pré-montagens assinalada

Durante este projeto denominou-se o espaço para pré-montagem dos quadros como PMT (Pré-Montagem Topo) e o espaço para pré-montagem de selins, guarda-lamas, porta-bagagens e rodas como PMI (Pré-Montagem Intermédia), distinguidos pelas cores verde e azul respetivamente na figura 3.20. Sendo assim, de acordo com a figura 3.11, os postos 9 e 10 são considerados PMT e os 16, 17, 18 e 19 PMI.

Para efetuar as tarefas de pré-montagem tanto na PMT como na PMI é necessário a utilização de materiais de apoio à produção, como os exposto anteriormente nas figuras 3.5 e 3.9. São também utilizados outros materiais como mesas, suportes e supermercados que podem ser visualizados no Anexo A.1.

Para além do correto posicionamento das pistolas, a necessidade de utilizar estes materiais de apoio causa ainda mais obstáculos às mudanças. Isto porque, tal como será demonstrado *a posteriori*, estes materiais encontram-se armazenados longe das linhas e alguns são difíceis de manobrar, sendo necessário o apoio de um empilhador para os recolher. Além disso, a desorganização e falta de identificação desse mesmo material, torna o processo de recolha demoroso, o que pode comprometer a eficácia do setup.

Concluindo, para os modelos que requerem qualquer tipo de pré-montagem, esta secção tem um papel primordial no processo de setup da linha.

3.2.1.4 Prensa dos quadros

Neste sector utiliza-se uma prensa especialmente construída para prensar cuvetses no quadro, para de seguida ser possível montar o jogo de direção, volante e forqueta no mesmo. Enquanto as cuvetses são prensadas, monta-se o desviador traseiro e a caixa pedaleira (*bottom bracket*), como ilustrado na figura 3.21 e na imagem da direita na figura 3.22.



Figura 3.21: Operária a colocar a caixa pedaleira enquanto cuvetses são prensadas no quadro

Para prensar o quadro são utilizados cunhos específicos para cada modelo (demonstrados na imagem da esquerda na figura 3.22), que são trocados pela operadora responsável por esse posto sempre que ocorre uma mudança, havendo, por vezes, atrasos nessa troca que provoca paragens durante o setup.

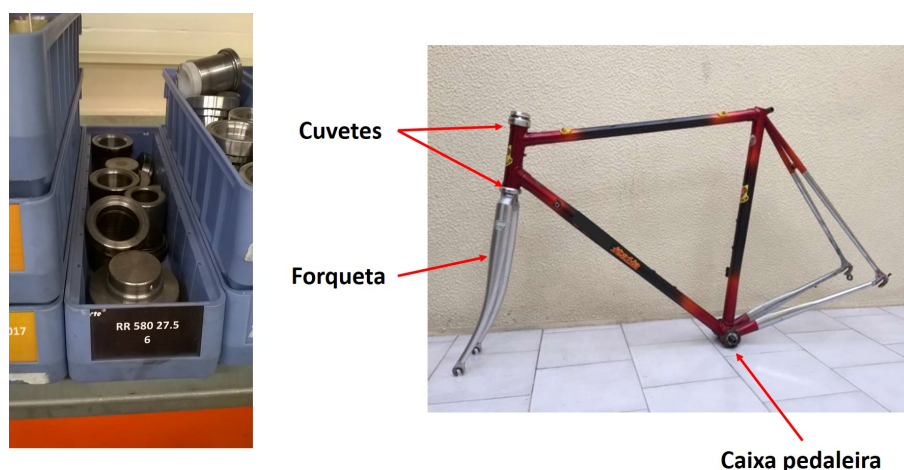


Figura 3.22: Cunhos para prensar cuvetses do modelo RR 580 e ilustração das cuvetses e BB

As operações executadas nesta secção encontram-se resumidas no fluxograma apresenta na figura 3.23.

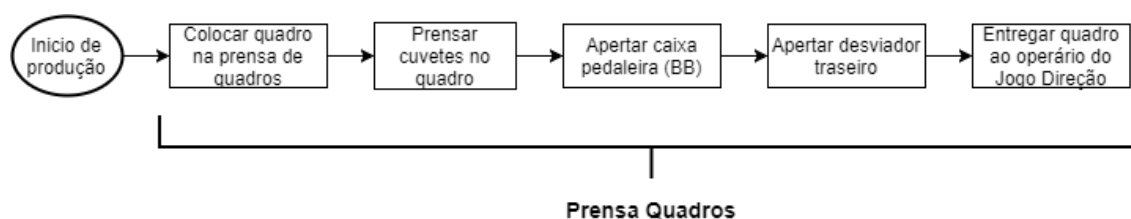


Figura 3.23: Fluxograma do processo de montagem da bicicleta na secção Prensa Quadros

No final do processo sintetizado na figura 3.23, o operário da Prensa dos Quadros entrega o quadro ao operário do Jogo de Direção para este proceder à montagem do volante e forqueta no mesmo.

3.2.1.5 Jogo de direção

Depois de se prensar as cuvetes no quadro, na prensa dos quadros, este segue para uma máquina desenvolvida especificamente para o suportar, enquanto o operário monta o jogo de direção e a forqueta no mesmo (imagem da esquerda da figura 3.25). Por fim, monta-se o volante no quadro, como mostrado pela imagem da direita da figura 3.25. A figura 3.24 mostra a constituição do jogo de direção e o esquema de montagem do mesmo, bem como o do avanço e da forqueta no quadro.

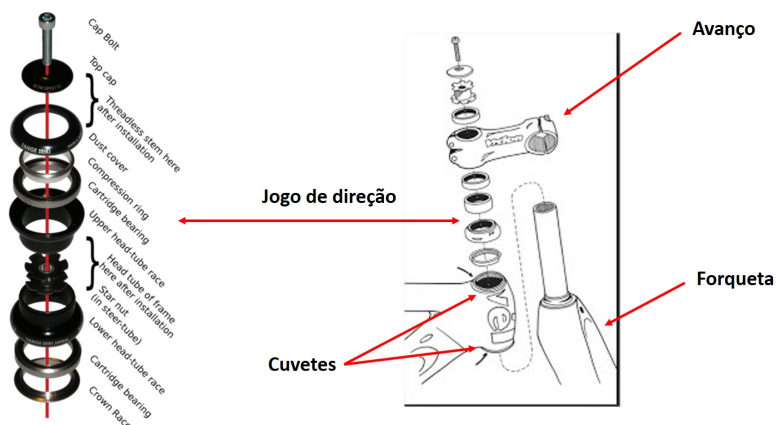


Figura 3.24: Jogo de direção e ilustração da montagem da forqueta e avanço

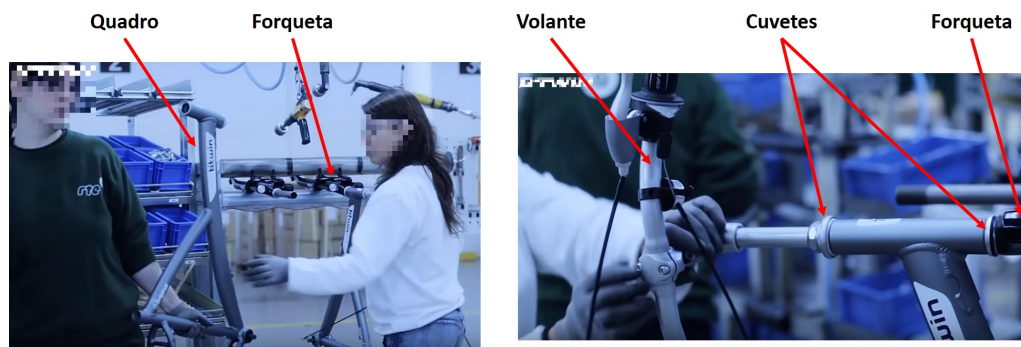


Figura 3.25: Operária a montar forqueta, quadro e volante no jogo de direção

Tal como na prensa dos quadros, esta secção é constituída apenas por um único posto e por 1 operário, realizando estas tarefas descritas acima e resumidas no fluxograma da figura 3.26.

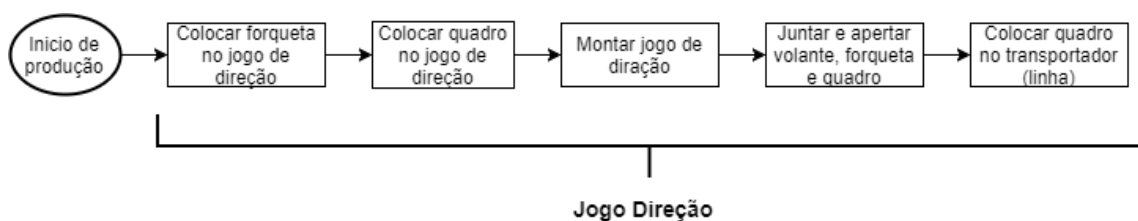


Figura 3.26: Fluxograma do processo de montagem da bicicleta na secção Jogo Direção

Finalmente, a bicicleta é colocada no transportador, entrando assim na secção Linha (sub-capítulo 3.2.1.6), onde é concluída a montagem da mesma.

3.2.1.6 Linha (transportador)

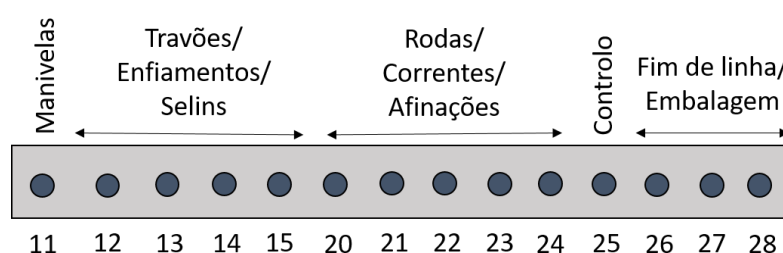


Figura 3.27: Layout da secção Linha

Após todas as operações expostas nos sub-capítulo anteriores, a bicicleta entra em linha, onde se monta e afina travões, mudanças e respetivos cabos (enfiamentos). Monta-se também a campainha, a corrente, as rodas e todos os restantes acessórios, de acordo com as especificações do modelo. Para finalizar o processo de montagem, a bicicleta passa pela controladora, que imprime uma série de etiquetas (traçabilidade, identificação do modelo e tamanho, código de barras, etc.) e cola-as na mesma, em locais previamente determinados.

No final da linha, depois da controladora, encontra-se o chefe de linha. Este realiza um controlo de qualidade breve e decide se a bicicleta pode ser embalada ou se é necessário retirá-la da linha para ser reparada. Caso seja necessário arranjar a bicicleta fora da linha, esta segue para a zona dos arranjos, onde por cada duas linhas existe uma bancada e 1 colaborador responsável pelo mesmo, havendo no total 3 colaboradores para esse efeito. Desses mesmos 3 trabalhadores, 2 são os colaboradores encarregues pelas mudanças, como será discutido mais à frente. Depois de reparada, a bicicleta volta a ser colocada no transportador e entra em linha para ser embalada. Todo este processo foi anteriormente revelado no fluxograma presente na figura 3.12.

Como demonstra a figura 3.27, esta secção contém vários postos de trabalho e, de acordo com as distribuições de tarefas (DT), encontram-se divididos da seguinte maneira:

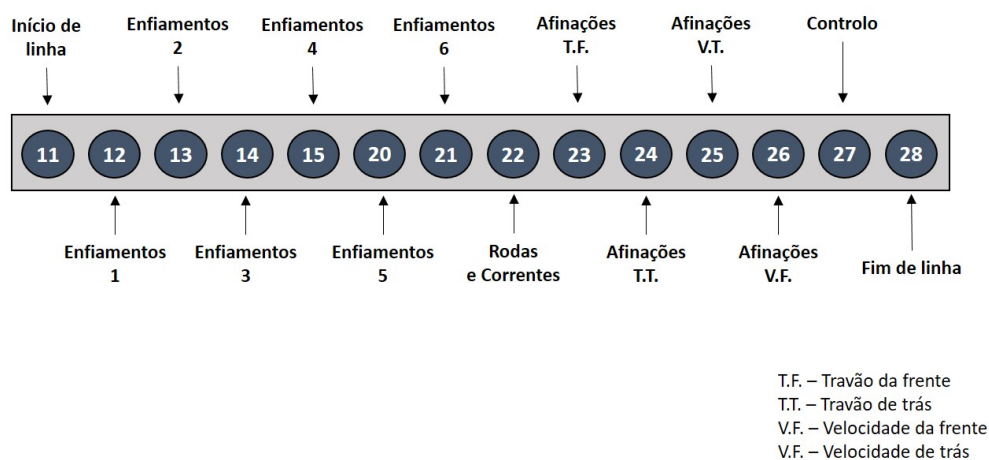


Figura 3.28: Layout da secção Linha com os diversos postos de trabalho

Por outro lado, as tarefas executadas nesses mesmos postos, estão distribuídas pelas DT, de uma forma geral, como apresentado na próxima figura (3.29).

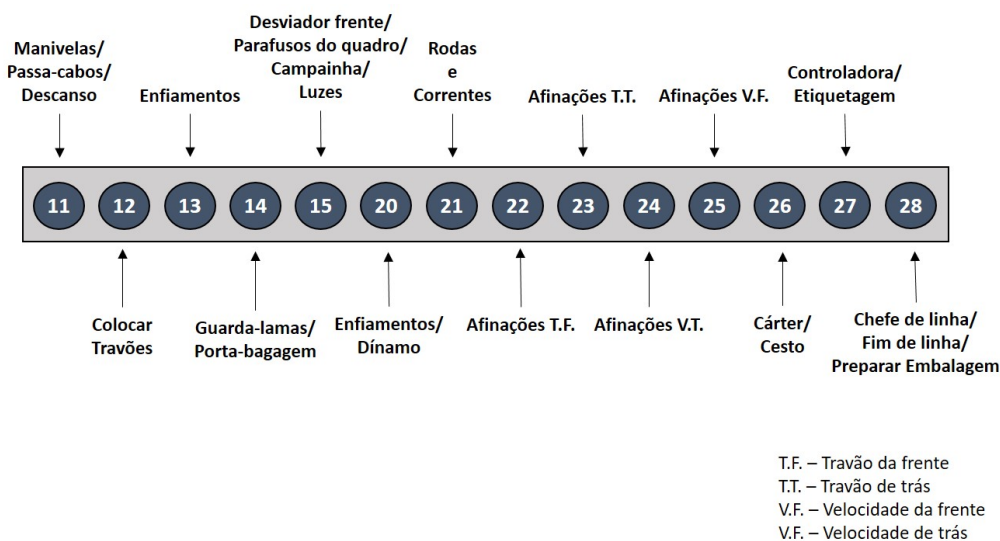


Figura 3.29: Layout da secção Linha com as tarefas a executar em cada posto de trabalho

De modo a facilitar a compreensão das operações e postos de trabalho referidos neste subcapítulo sobre a montagem das bicicletas na secção Linha, exhibe-se na figura 3.30 o fluxograma da montagem do modelo RR 340, pertencente à família BTT (como exposto na tabela 3.1), com os respectivos postos de trabalho de acordo com a figura 3.28.

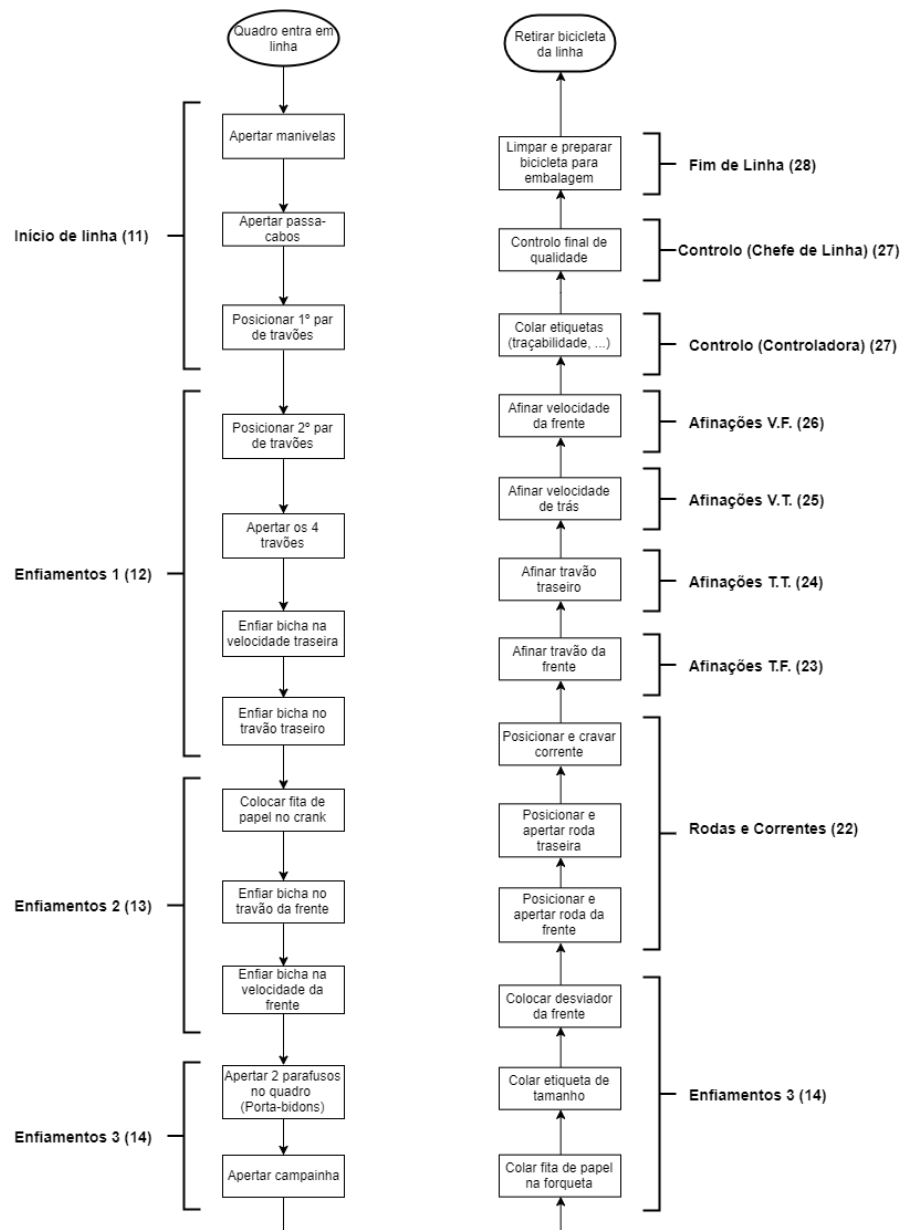


Figura 3.30: Fluxograma da montagem de uma bicicleta do modelo RR 340 na secção Linha

Juntamente com as secções dos volantes e pré-montagens, a secção Linha mostrou ser fundamental para todo o processo de mudança, havendo também a preocupação em colocar as pistolas apropriadas no sitio mais indicado. Essa posição será a zona que permite ao operário trabalhar da maneira mais eficaz e anatómica ao realizar determinada tarefa e este posicionamento é efetuado com o apoio do próprio operador da pistola e com a experiência do colaborador responsável pela

mudança.

O facto de não haver posições pré-definidas para as pistolas provoca atrasos e pressupõe confiar na intuição e experiência dos colaboradores. Daí, compreende-se a implicação que as pistolas têm nas mudanças e tendo em conta que é nesta secção que ocorrem mais alterações nas mesmas, verifica-se a sua relevância no processo de setup.

3.2.1.7 Embalagem

Nesta secção as bicicletas são preparadas para o embalamento de acordo com as especificações do cliente e as instruções de trabalho. As tarefas executadas, por norma, consistem em:

- Limpar a bicicleta;
- Retirar volante e/ou selim;
- Colocar espumas de proteção;
- Preparar caixa previamente abastecida.

Por fim, a bicicleta é colocada na caixa e é finalizado o embalamento, seguindo a mesma (a caixa) para a zona de expedição.

3.3 Ferramentas e Materiais

Neste sub-capítulo serão abordadas todas as ferramentas e materiais utilizados na montagem das bicicletas.

3.3.1 Ferramentas - Mangueiras, Balanceadores, Pistolas e Carros de Mudança

Tendo em conta a utilização de pistolas pneumáticas para efetuar praticamente todas as tarefas de montagem das bicicletas, existem múltiplas picagens de ar distribuídas pelas secções. A conexão entre as pistolas e as picagens é feita através de mangueiras com diferentes tamanhos, estando estas organizadas de acordo com o seguinte código de cores:

| Mangueira | Comprimento |
|---|-------------|
|  | 1,5 - 1,6 m |
|  | 1,8 - 1,9 m |
|  | 2,1 - 2,2 m |
|  | 2,4 - 2,5 m |
|  | 2,9 - 3,0 m |
|  | 3,4 - 3,6 m |
|  | 4 - 5 m |
|  | 6 - 7 m |
|  | 8 - 9 m |

Figura 3.31: Tabela com o código de cores das mangueiras

Para ajudar os operadores a suportar o peso das pistolas utilizam-se balanceadores. Estes dispositivos são conectados às pistolas através de um cabo de aço e têm um efeito parecido ao de uma mola (o cabo distende quando o operador exerce força sobre a pistola para a utilizar e comprime quando esta se larga). Como há pistolas com diferentes pesos é fundamental a existência de 4 tipos de balanceadores: RW - 0 (0,5-1,5 kg); RW - 3 (1-3 kg); RW - 5 (2,5-5 kg); RW - 8 (5-8 kg). Todos os balanceadores encontram-se arrumados numa estante (imagem da direita da figura 3.33) juntamente com as mangueiras e cunhos das prensas. Ao lado dessa estante localizam-se os armários das pistolas, como se pode verificar pela imagem da esquerda da figura 3.33. Nesta zona, apresentada na figura 3.32, realiza-se a preparação da mudança e é onde se encontram os 4 carros de mudança (imagem do centro da figura 3.33).



Figura 3.32: Localização da zona de preparação da mudança e carros de mudança



Figura 3.33: Armários de pistolas, carros de mudança e estante dos balanceadores

As pistolas são penduradas em rodízios que estão distribuídos pelas calhas da linha, através dos balanceadores (dispositivo branco da figura 3.34). Estes rodízios deslizam nas calhas de forma a proporcionar uma melhor execução das variadas operações, com maior flexibilidade e manobrabilidade das pistolas. As mangueiras conectam as pistolas às picagens de ar, como demonstrado na figura 3.34.



Figura 3.34: Conjunto pistola, balanceador e mangueira pendurado em rodízio na calha

3.3.2 Distribuição de tarefas (DT)

De maneira a manter um fluxo contínuo e organizado de trabalho, os postos são divididos através de travões, colocados nos furos das calhas, como se pode verificar na figura 3.34, impedindo que os operários ocupem o posto seguinte.

Devido a essa divisão, tornou-se notório no decorrer do projeto que era de extrema importância corresponder o correto tamanho das mangueiras, com o correto posicionamento de cada pistola para executar determinada tarefa, dentro de determinado posto.

Como referido anteriormente, esses postos e tarefas encontram-se divididas nas distribuições de tarefas, como é exemplificado na tabela 3.35.

| Rockrider 340 (todas as cores) | | | | |
|--------------------------------|-------------|---|------------|----------|
| Nº | Posto | Tarefas Volantes | Ferramenta | Bit / Cx |
| 1 | Terminais 1 | Cortar um conjunto de gaine de desviador, colocar terminais e mousses | | |
| 2 | Terminais 2 | Cortar um conjunto de gaine de travão e colocar terminais | | |
| 2 | Volantes 1 | Posicionar avanço e guiador no gabarit | | |
| | | Apertar avanço | Pistola A | 5 mm |
| | | Trocar posição do avanço e guiador no gabarit | | |
| | | Enfiar cabo e colocar manete de travão esquerda (Frente) | | |
| | | Colocar grip esquerdo (VF) | | |
| | | Colocar uma argola | | |
| | | Colocar punho esquerdo | | |
| | | Enfiar gaine grip esquerdo (VF) | | |
| 3 | Volantes 2 | Posicionar guiador no gabarit | | |
| | | Enfiar cabo e colocar manete de travão direita (Trás) | | |
| | | Colocar grip direito (VT) | | |
| | | Colocar uma argola | | |
| | | Colocar punho direito | | |
| | | Enfiar gaine grande e pequena manete travão (TT) | | |
| 4 | Punhos | Enfiar gaine grip direito (VT) | | |
| | | Posicionar guiador no gabarit | | |
| | | Soprar Punhos | | |
| | | Apertar travões | Pistola B | 5 mm |
| | | Enfiar gaine travão (TF) + curva | | |
| | | Colocar campainha | | |

Figura 3.35: Distribuição de tarefas do modelo RR 340 - secção dos volantes

Na figura 3.35 apresenta-se parte da distribuição de tarefas do modelo RockRider 340 (RR 340), nomeadamente da secção dos Volantes. Por razões de confidencialidade não é possível mostrar o nome real das pistolas utilizadas, por isso serão dados nomes genéricos às mesmas, como os ilustrados na figura 3.35. No entanto, é compreensível a divisão dos postos, das tarefas dentro dos mesmos e das pistolas correspondentes a cada tarefa.

A última coluna da tabela representa o bit: sextavado utilizado para apertar os parafusos em determinada operação. Estes estão organizados em caixas, sendo que cada chefe de linha possui uma e num dos carros de mudança existe outra para que estes sejam trocados mais rapidamente durante os setups. A figura 3.36 mostra a caixa de bits embutida num dos 4 carros de mudança.



Figura 3.36: Carro de mudança com caixa de bits

Como se pode verificar, as DT's (exemplificadas na figura 3.35) apenas contêm o posto de trabalho e a tarefa atribuída a cada pistola, não especificando o sítio exato onde colocar a mesma. Por esse motivo, os colaboradores responsáveis pelas mudanças são obrigados a confiar na sua experiência e a requisitar a ajuda dos operários, para posicionar corretamente as ferramentas.

Esta falta de standard provoca múltiplas paragens durante os setups, para o posicionamento das ferramentas ser corrigida. Mais importante ainda, é o facto da inexistência de uma norma para os colaboradores se guiarem, levar a lapsos ou erros que podem prejudicar o sucesso da mudança.

3.3.3 Material de apoio à produção (MAP) e Gabaritos

Para executar operações de pré-montagem, seja no quadro ou em acessórios para incluir nas bicicletas, é necessário a utilização dos materiais de apoio à produção. Estes materiais estão armazenados no fim das linhas de montagem, como se demonstra na figura 3.37, e para os recolher eficazmente é imperial o apoio de um empilhador.

Por outro lado, para ser possível montar os volantes, tal como mencionado no sub-capítulo 3.2.1.2, é imperativo utilizar gabaritos. Estes, são moldes fabricados em nylon, usados para montar de forma rigorosa e sistemática os avanços, manetes de travão, shifters/grips (manetes de mudança) e punhos nos volantes e, também, os selins. Na figura 3.37, para além da zona de armazenamento do MAP (assinalada a verde), revela-se a localização da estante onde estes gabaritos são arrumados (representada pela cor azul).

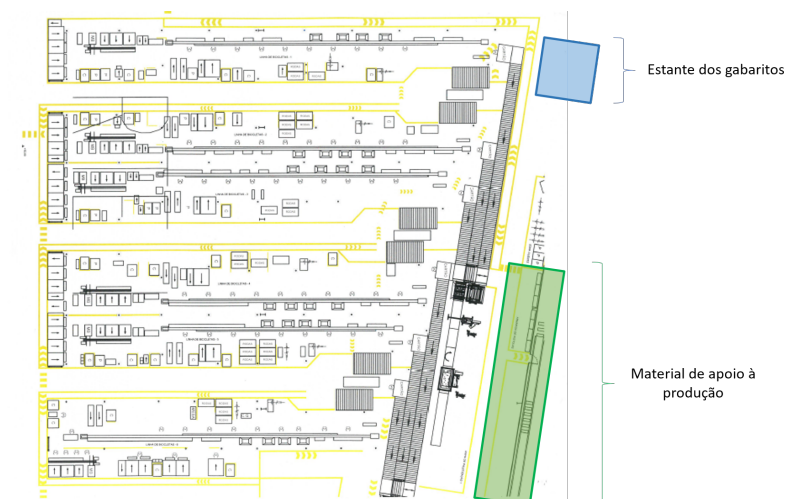


Figura 3.37: Zona de arrumação do material de apoio à produção e estante dos gabaritos

Na preparação das mudanças, os colaboradores que as executam necessitam de localizar, recolher e colocar esses materiais (map) na linha. Quando os materiais deixam de ter utilidade na linha, esses mesmos colaboradores voltam a armazená-los aleatoriamente no local ilustrado na figura 3.37. O mesmo sucede com os gabaritos. Durante a preparação da mudança os colaboradores localizam, recolhem e colocam os mesmos no carro de mudança e no final da mesma arrumam os gabaritos retirados da linha, de forma arbitrária, na estante.

Como já foi introduzido antes, os MAP têm propósitos específicos e, de acordo com a utilização pretendida é possível dividir estes materiais em famílias. Para isso, foi realizado um levantamento dos mesmos, no âmbito de uma acção de melhoria apresentada mais à frente na secção 4.5.2.2, e criadas várias tabelas com a família, nome, foto, designação, utilização, quantidade existente e secção onde pode ser utilizado. Estas podem ser consultadas no anexo A.1.

Tal como referido nos sub-capítulos 3.2.1.3 e 3.2.1.2, estes materiais e gabaritos têm um papel crucial no processo de setup da linha, pois acrescentam outro nível de dificuldade à preparação e execução do mesmo.

3.4 O processo de Setup

O processo de setup é crucial para a produtividade de qualquer empresa e a RTE não é exceção. Nas 6 linhas de montagem de bicicletas da RTE, há 2 colaboradores, por turno, responsáveis por todo este processo. O projeto foi desenvolvido, em grande parte, durante o turno 1, onde um dos colaboradores está encarregado pelas linhas 1, 2 e 3 e o outro pelas 4, 5 e 6.

De seguida, na figura 3.38, apresenta-se o fluxograma geral do processo de mudança das linhas de montagem de bicicletas e o processo de preparação da mesma.

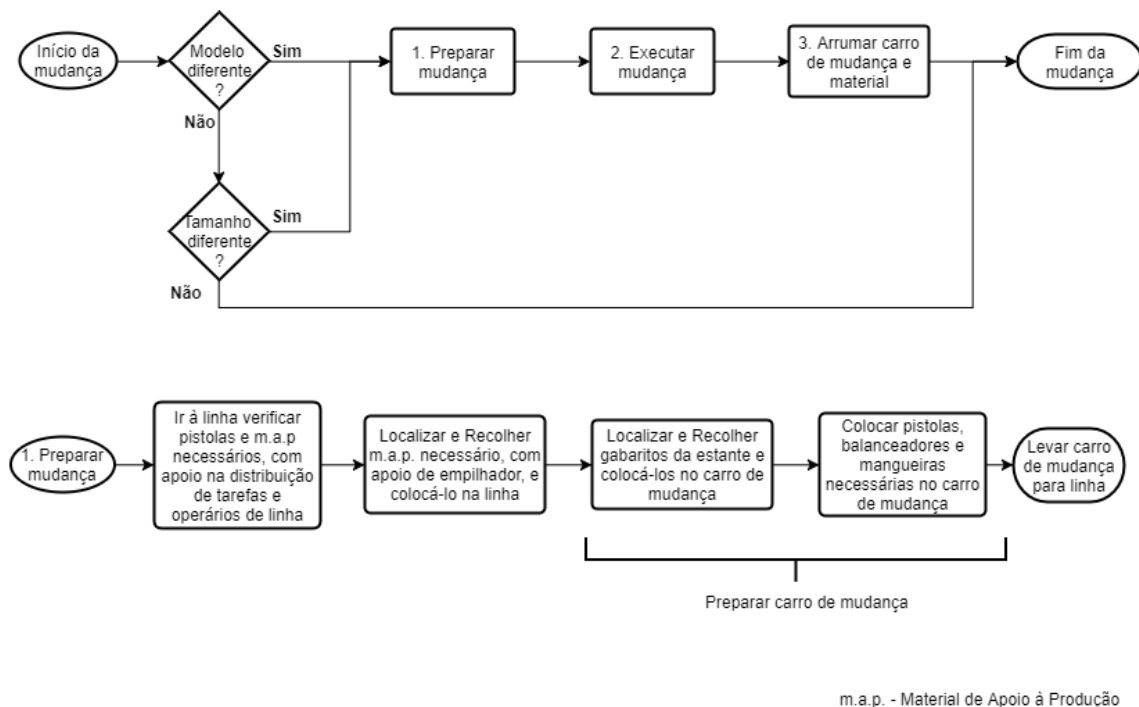


Figura 3.38: Fluxograma do processo de mudança geral e da sua preparação

A preparação da mudança inicia-se, em geral, a faltar 100 bicicletas para finalizar a OF e este processo pode ser dividido em 3 passos principais, sendo esses:

- Verificar que ferramentas e materiais de apoio à produção são necessários;
- Localizar, recolher e colocar material de apoio à produção na linha;

- Preparar o carro de mudança (gabaritos, pistolas, balanceadores e mangueiras);

Na figura 3.39 analisa-se com mais detalhe o processo de execução da mudança, apresentado na figura 3.38 como "2. Executar mudança".

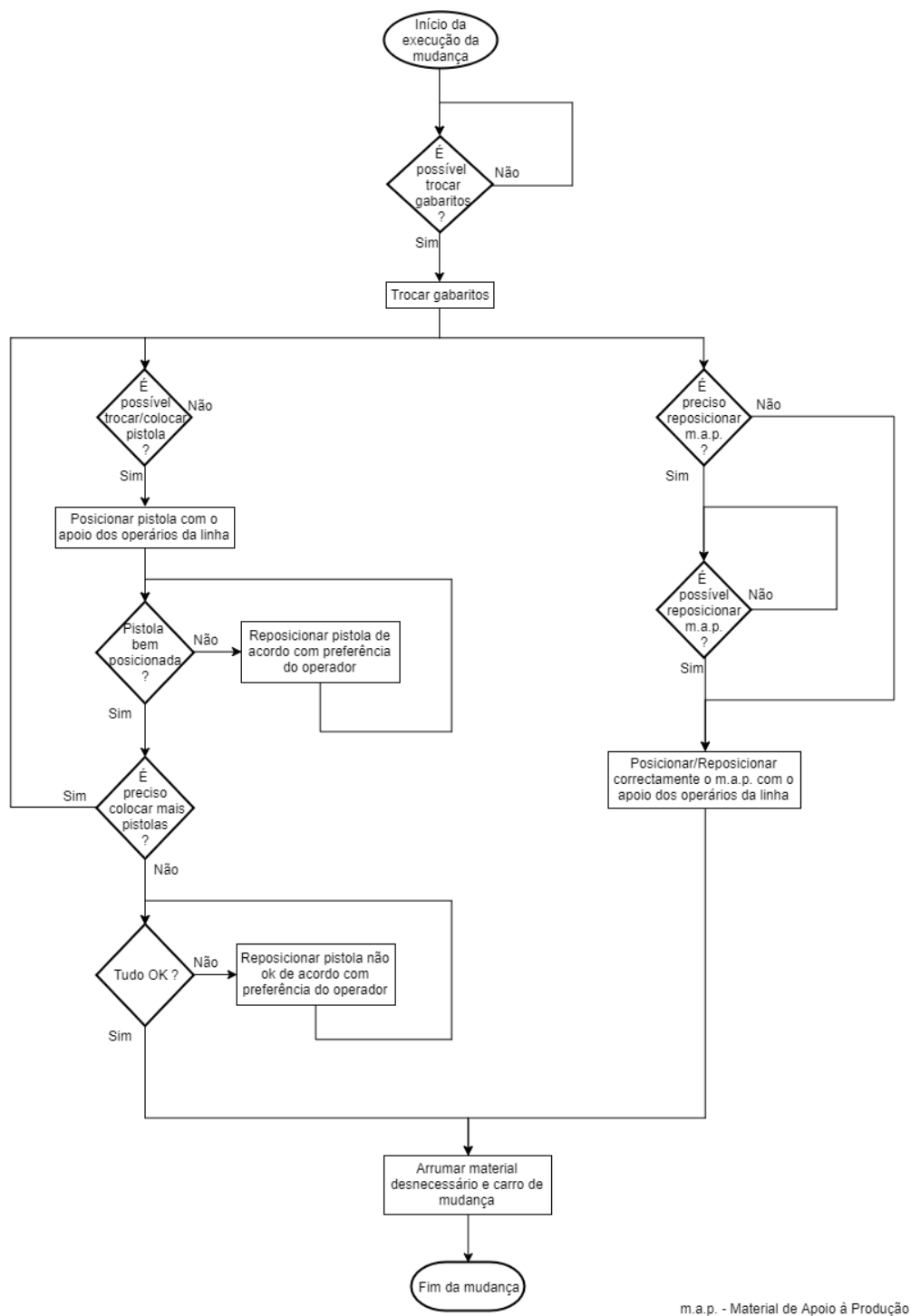


Figura 3.39: Fluxograma do processo de execução da mudança

Através das figuras 3.38 e 3.39 é possível averiguar que o processo de mudança das linhas é

deveras complexo e contém várias nuances devido ao diferente tipo de operações necessárias para a executar.

A execução da mudança, descrita na figura 3.39, conta com operações como:

- Trocar gabaritos;
- Trocar ou colocar pistolas;
- Posicionar ou Reposicionar pistolas;
- Posicionar ou Reposicionar materiais de apoio à produção;
- Arrumar o material e ferramentas retiradas da linha e do carro de mudança.

Os setups mais simples e rápidos são aqueles onde não há alteração de modelo, apenas de tamanho dentro do mesmo modelo. Nessas situações o colaborador somente tem de trocar os gabaritos (como se pode verificar nas instruções de mudança do modelo RR 340 XL para RR 340 M, na figura 3.40), ao invés de, no caso do modelo alterar, verificar se é necessário material de apoio para as pré-montagens e se é preciso trocar ou acrescentar alguma pistola, para além de ter de trocar os gabaritos (como no caso da mudança do modelo Tilt 120 para RR 340 L, exemplificado na figura 4.10).

| Instruções de Mudança: RR 340 XL -> RR 340 M | | | | |
|--|---|---------|-------------------|-----------------|
| Nº | Operação | Tipo | Tempo de operação | Tempo acumulado |
| 1 | Ir até à estante dos gabaritos com carro de mudança | Externa | 35 s | 35 s |
| 2 | Localizar, recolher e colocar os gabarito dos avanços e volantes do modelo RR 340 M no carro de mudança | Externa | 40 s | 75 s |
| 3 | Levar carro de mudança com gabaritos para a linha | Externa | 20 s | 95 s |
| 4 | Trocar gabaritos | Interna | 20 s | 115 s |
| 5 | Arrumar gabaritos retirados nos locais designados | Externa | 50 s | 165 s |
| 6 | Guardar carro de mudança na zona de preparação da mudança | Externa | 20 s | 185 s |

Figura 3.40: Instruções de setup para mudança do modelo RR 340 XL para RR 340 M

Ao contrário das pistolas, o material de apoio não se encontra esquematizado nas distribuições de tarefas, por esse motivo o colaborador apenas pode recorrer aos operários mais experientes da linha para confirmar que material precisa de recolher. Por outro lado, no caso de verificar que pistolas necessita, verifica visualmente na linha com o apoio da distribuição de tarefas e dos operários da mesma. Por fim, aponta todas essas pistolas e materiais num papel para garantir que nada é esquecido na preparação da mudança.

Depois de localizar, recolher e colocar o material de apoio na linha, o colaborador tem de posicionar corretamente o mesmo. Sendo assim, recorre, mais uma vez, aos operários para saber como e onde colocar esse mesmo material. Para finalizar a preparação da mudança, o colaborador, inicialmente, dirige-se à estante dos gabaritos para localizar, recolher e colocar os mesmos no carro de mudança e por último dispõe as pistolas, mangueiras e balanceadores no carro de mudança e leva este para a linha.

A execução da mudança é realizada à medida que a última bicicleta da OF anterior passa pelos postos e estes ficam "livres". Tal como demonstrado na figura 3.39, durante a execução, o colaborador recorre aos operários para, numa fase inicial, colocar a pistola no posto correto e de seguida reposiciona-la de acordo com a preferência do seu operador. Isto ocorre múltiplas vezes ao longo de uma mudança (praticamente sempre que se coloca uma pistola), o que leva a paragens, perdas de tempo e redução de eficácia no processo de setup.

Em suma, para além das distribuições de tarefas, o apoio dos operários é vital tanto na fase de preparação, como na execução das mudanças. Na fase da preparação, os colaboradores recorrem aos mesmos para confirmar que ferramentas (pistolas) e materiais de apoio (pré-montagem) são necessários para a produção de determinado modelo. E na execução da mesma, os operários ajudam no posicionamento correto das pistolas, consoante as suas preferências.

Assim, é de notar que, todo o processo fica dependente não só da experiência do colaborador responsável pela mudança, mas também do apoio e envolvimento dos operários. Esta dependência pode revelar-se prejudicial para o sucesso das mudanças, caso os colaboradores não as possam efetuar, ou, por algum motivo, o apoio dos operários não seja devidamente prestado. Para além disso, depender do *feedback* dos operários para posicionar as pistolas de acordo com as suas preferências provoca atrasos injustificáveis no setup.

Desta forma, compreende-se a importância de uniformizar o processo de mudança, criando posições pré-definidas para as ferramentas a utilizar em cada modelo a ser produzido em determinada linha.

Para além do problema crucial exposto acima, existem variadas causas de paragem nos setups, estando estas sintetizadas na figura 3.41. Juntamente com as causas, exibem-se as percentagens de ocorrência das mesmas, num total de 116 paragens registadas.

| Causas de paragem | Ocorrências (%) |
|--|-----------------|
| Ferramenta/Máquina avariada | 14% |
| Cunhos Prensa Quadros | 3% |
| Reposicionar pistolas | 19% |
| DT desactualizada (esquecimento ou colocação de pistola errada) | 5% |
| Necessidade de trocar ordem da PMI | 3% |
| Erro/Atraso abastecimento | 14% |
| Esquecimento/Erro na colocação de ferramentas por parte de colaborador | 8% |
| Atraso/Erro de operário | 29% |

Figura 3.41: Algumas Causas de paragem durante as mudanças

Ao estudar com alguma minúcia a figura 3.41 percebe-se que os motivos mais comuns de paragem, por ordem decrescente, são:

- Atrasos ou erros do operário durante a produção ou retorno do material;
- A necessidade de reposicionar pistolas depois de as colocar;
- Erros ou atrasos no abastecimento dos componentes;
- Avaria de máquinas ou ferramentas (pistolas e balanceadores);

No Capítulo 4 procurar-se-à solucionar estas, entre outras, causas de paragem, tentando assim diminuir tanto o tempo de paragem durante as mudanças, como o tempo total de setup das linhas.

Capítulo 4

Trabalho desenvolvido

Neste capítulo, será descrito o trabalho desenvolvido ao longo deste projeto, focando os problemas encontrados e as propostas de resolução dos mesmos. Os resultados dessas melhorias serão analisados em pormenor no Capítulo 5.

4.1 Etapas da Metodologia Aplicada

Esta dissertação teve como objetivo principal analisar e propor melhorias ao processo de mudança das linhas de montagem, procurando reduzir o tempo de setup. Para isso dividiu-se o trabalho em 3 fases principais:

- Análise da situação inicial;
- Obtenção de possíveis soluções para os problemas encontrados;
- Análise do processo de setup depois de implementadas as soluções encontradas.

A metodologia desenvolvida para definir as etapas e os requisitos a cumprir com o intuito de reduzir o tempo de setup foi baseada na sequência lógica aplicada na ferramenta *Lean PDCA*. Todas essas etapas encontram-se esquematizadas na figura 4.1, apresentada a seguir.

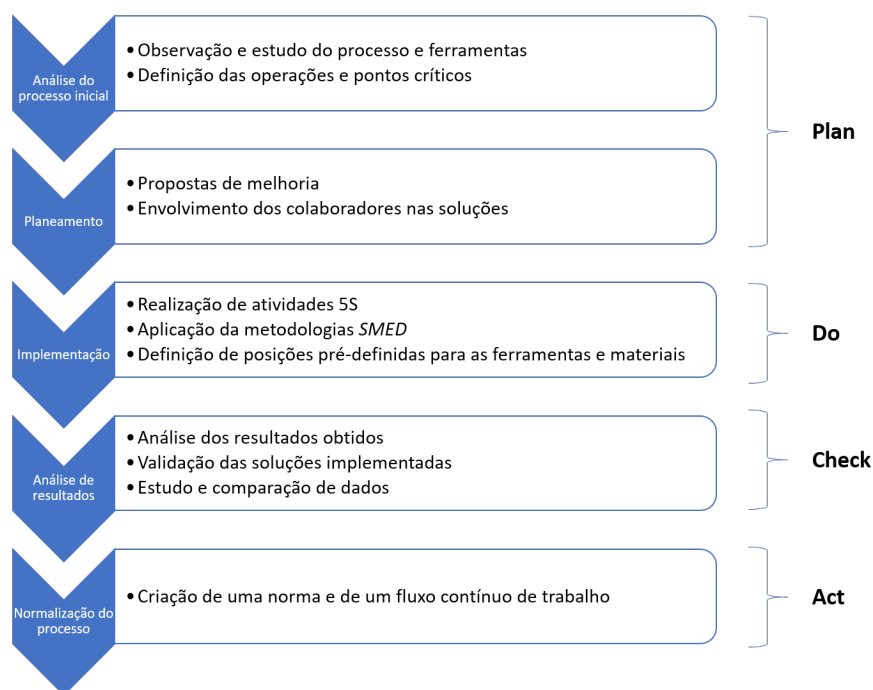


Figura 4.1: Etapas da metodologia aplicada

Assim, numa primeira fase procurou-se compreender e analisar o processo de setup existente, bem como todas as ferramentas envolvidas no processo produtivo e as implicações dos diferentes modelos em ambos os processos (mudança e produtivo). Esta etapa foi iniciada na contextualização do problema exposta no Capítulo 3, sendo no sub-capítulo 4.2 concluída e devidamente estudada. Através dessa análise, procurou-se expor os motivos de paragem e ineficiência das mudanças, seguindo-se a fase de planeamento de ações de melhoria, com o envolvimento constante dos colaboradores nas mesmas.

De seguida, realizou-se a implementação das soluções encontradas, que consistiram na:

- Aplicação da metodologia SMED (separação das operações internas e externas, transformação de operações internas em externas, redução de operações externas e internas);
- Realização de atividades 5S direcionadas ao *Gemba* e às ferramentas e materiais;
- Normalização das operações de setup (criação de posições pré-definidas para cada ferramenta utilizada, na montagem de cada modelo em cada linha).

Após essa implementação, realizou-se a análise dos resultados obtidos, seguido de uma comparação com os dados anteriormente estudados, de forma a validar as soluções implementadas.

Por fim, normalizou-se o processo com as soluções validadas, procurando criar um fluxo contínuo e consistente de trabalho.

4.2 Análise da situação inicial

De maneira a compreender como foi estruturada e dividida a análise da situação inicial ao longo dos Capítulos 3 e 4.2, a figura 4.2 apresenta as diferentes fases da mesma esquematizadas e os respectivos sub-capítulos onde cada uma é exposta com detalhe.

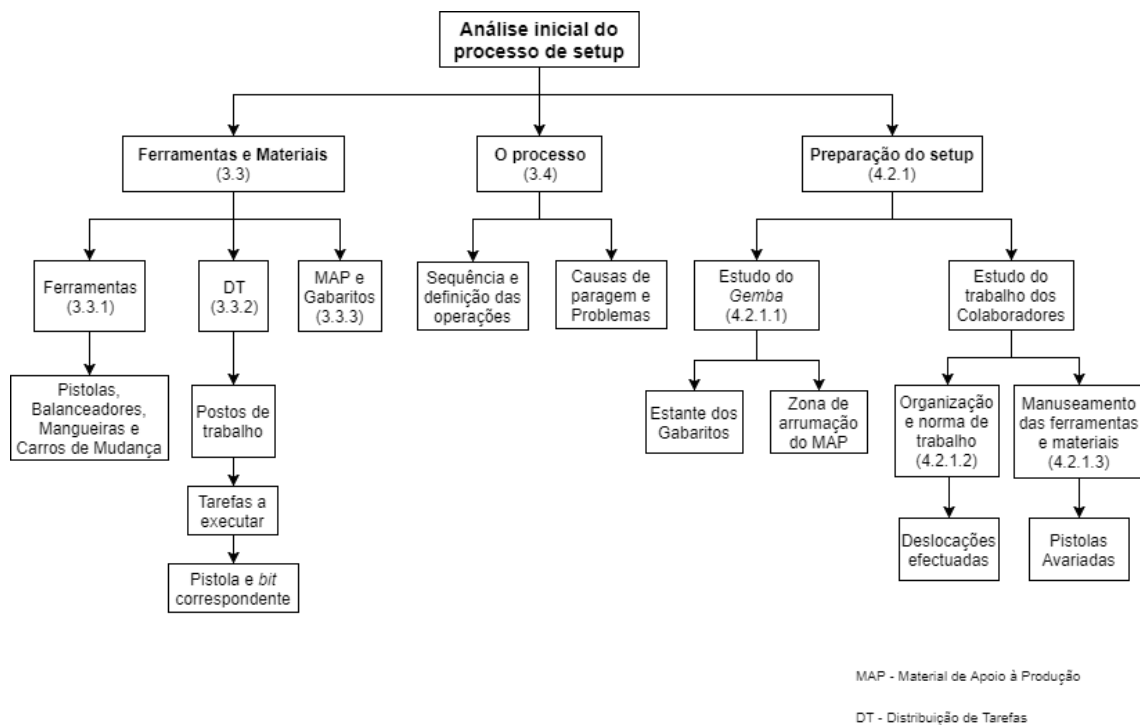


Figura 4.2: Fases da análise inicial do processo de setup e respetivos sub-capítulos

A primeira fase desta metodologia passou então pelo estudo do processo inicial de mudança, consistindo no levantamento e registo de todas as ferramentas e materiais utilizados na execução das mudanças (sub-capítulo 3.3), bem como na sequência e definição das diversas operações (internas e externas) e dos seus pontos críticos (sub-capítulo 3.4). Para isso, realizou-se uma observação e estudo detalhado de diversas mudanças junto dos colaboradores responsáveis pelas mesmas, anotando tempos, causas de paragem e os movimentos envolvidos em cada operação. Nesta observação procurou-se também estudar o processo de setup no *Gemba* e a organização e norma de trabalho aplicada pelos colaboradores (sub-capítulo 4.2.1). Esta análise inicial foi essencial para compreender o processo e os problemas inerentes ao mesmo, o que permitiu estruturar soluções que visam melhorar o sistema produtivo apresentado.

De forma a obter o apoio e envolvimento dos colaboradores, explicou-se, previamente, qual o objetivo do projeto e a importância da sua ajuda no planeamento e implementação das ações de melhoria do processo. A observação das operações em conjunto com o precioso *feedback* dos colaboradores, possibilitou a exposição concreta dos problemas e a definição de possíveis melhorias ao processo (eliminação de movimentos, organização e aproximação do material e ferramentas, transformação de atividades internas em externas, criação de uma norma para o posicionamento

4.2.1 Preparação da mudança

Na secção 3.4 foi apresentado o processo de setup e na figura 4.3 pode visualizar-se o fluxograma do mesmo. Este contém os tempos de execução das diferentes operações de preparação da mudança e para uma análise mais objetiva, estas operações e respetivos tempos foram colocados em formato de tabela (figura 4.4).

| Operação | Tempo médio para execução |
|--|---------------------------|
| Localizar, recolher e colocar m.a.p na linha | 5 min |
| Localizar, recolher e colocar gabaritos no carro de mudança | 3 min |
| Verificar que pistolas necessita, com apoio na DT e nos operários de linha | 8 min |
| Colocar pistolas, balanceador e mangueira no carro de mudança | 4 min |

Figura 4.4: Tempos médios de execução de operações de preparação da mudança

As tarefas apresentadas na figura anterior pertencem à categoria de setup externo (a divisão das operações internas e externas será melhor abordada na secção 4.3) e consistem em escolher, localizar e recolher as ferramentas e materiais de apoio necessários para a montagem de determinado modelo. Para isso, os colaboradores necessitam de se dirigir aos respetivos locais de arrumação dessas mesmas ferramentas e materiais, estando estes assinalados na figura 4.5 com as seguintes cores:

- Estante dos gabaritos - azul;
- Estante das mangueiras e balanceadores - amarelo;
- Armários das pistolas - amarelo;
- Zona de arrumação do material de apoio à produção - verde.

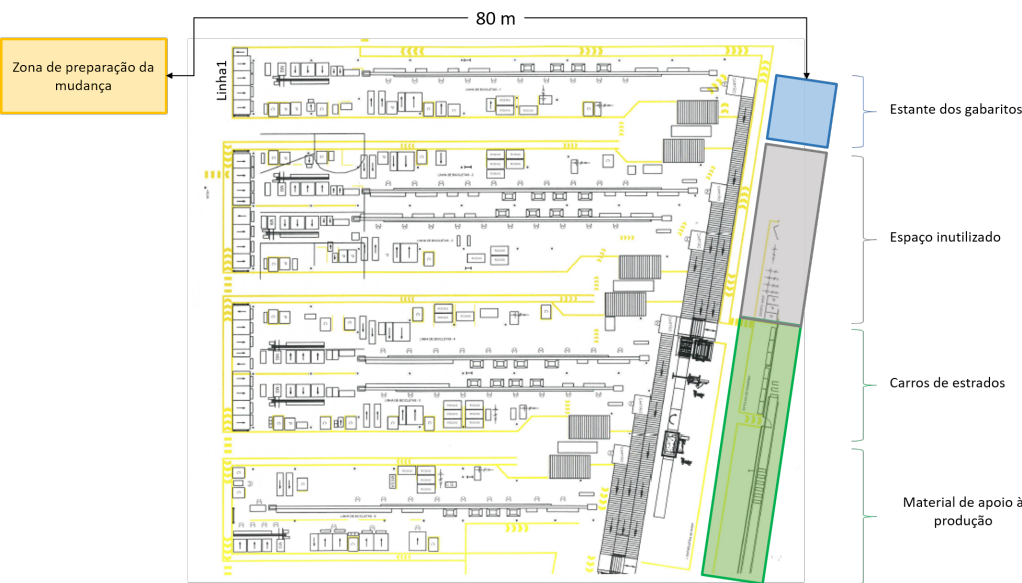


Figura 4.5: Planta da RTE com zonas iniciais de arrumação das ferramentas e materiais

Tal como se pode verificar na figura 4.5, depois de algumas medições apurou-se que os colaboradores percorrem aproximadamente 80 metros desde a zona de preparação da mudança (lugar onde se encontram os carros de mudança, armários das pistolas e estante dos balanceadores) até à estante dos gabaritos.

Para tentar diminuir o tempo despendido em deslocações e consequentemente o tempo de preparação da mudança, uma das primeiras iniciativas de melhoria do processo passou por tentar aproximar a estante dos gabaritos à zona de preparação da mudança e aos carros de mudança. Esta proposta revelou ser impraticável, devido à falta de espaço em redor da zona de preparação da mudança e no interior da mesma. Por esse mesmo motivo, a arrumação do material de apoio à produção num local mais acessível (o mais perto possível da zona de preparação da mudança) tornou-se, também, inviável. Sendo assim, depois de cuidadosamente estudada, esta estratégia não foi implementada.

4.2.1.1 Estudo do processo no *Gemba*

Deste modo, seguiu-se a observação e estudo do processo no *Gemba*, procurando diminuir o tempo de preparação da mudança através de soluções mais audazes, já que deslocar as ferramentas ou materiais demonstrou ser impossível.

Consequentemente, deparou-se de imediato com uma enorme desorganização deste espaço, tanto na estante dos gabaritos, como na zona de arrumação do material de apoio à produção. Em ambos os casos, não existia um local específico para cada família de ferramentas ou materiais, muito menos para cada material utilizado no processo. Estes encontravam-se dispostos aleatoriamente pelo espaço disponível, dificultando o trabalho de localização dos mesmos por parte dos colaboradores.



Figura 4.6: Estante dos gabaritos desorganizada e mal identificada

Na figura 4.6 apresenta-se uma pequena porção da estante dos gabaritos e como se pode averiguar encontra-se desorganizada, desarrumada (1 gabarito em cima de outro) e mal identificada (gabaritos de modelos diferentes na mesma secção).

Na zona de arrumação do material de apoio à produção, encontra-se a mesma desorganização e despreocupação com o material, colocando até, por vezes, o seu bom funcionamento em risco. Para além disso, era claro o mau aproveitamento do espaço, obrigando o colaborador a percorrer distâncias desnecessariamente elevadas para recolher determinado material de apoio, podendo este localizar-se mais próximo das linhas. Para agravar a situação organizacional do espaço de trabalho, existia material que não era utilizado, ou seja excedente, e, tal como visível na figura 4.5, existia uma grande porção de espaço inutilizado.

Resumindo, nesta secção foi possível averiguar que, tanto na estante dos gabaritos, como na zona de arrumação do MAP, havia:

- Desorganização e desarrumação geral das ferramentas e materiais - provocando tempos excessivos na localização e recolha dos mesmos;
- Falta de identificação e divisão do espaço por famílias de ferramentas ou materiais (ou por modelo) - impedindo a criação de uma norma de trabalho;
- Porção do espaço de arrumação do MAP inutilizada - aumentando o tempo despendido em deslocações desnecessárias.

As propostas para solucionar estes problemas podem ser visualizadas na figura 4.8 e passaram por realizar atividades 5S na estante dos gabaritos e no material de apoio à produção, tal como será explicado no sub-capítulo 4.5.2.

4.2.1.2 Estudo do trabalho dos colaboradores - Organização e norma de trabalho

A preocupação seguinte foi estudar e perceber o trabalho realizado por cada colaborador, onde se verificou uma evidente falta de método na organização do trabalho.

Analizadas as movimentações realizadas por cada um ao longo de uma mudança, foi possível concluir que, para além de não ser homogéneo, cada um deles realizava um número excessivo de viagens para ir buscar o material necessário. Isto porque, simplesmente, não sabiam o que fazer ou como o fazer. Também se constatou que, uma vez terminados os setups, os colaboradores não tinham como preocupação principal arrumar as ferramentas e materiais retirados da linha nos locais devidos (como demonstra a figura 4.7).



Figura 4.7: Desarrumação do carro de mudança no fim de uma mudança

Esta fase final do processo é crítica, pois influencia diretamente a próxima mudança: caso as ferramentas sejam mal-arrumadas, será mais complicado localiza-las, o que irá provocar atrasos na preparação do setup, prejudicando, por sua vez, a execução do mesmo.

Por outro lado, ao organizar coerentemente e consistentemente as ferramentas e materiais, criar-se-á um padrão lógico para a sua localização, recolha e consequente utilização diligente e dinâmica. Assim, é possível preparar a mudança de forma mais eficaz, o que proporcionará uma execução com menor probabilidade de falhas e paragens, diminuindo, assim, o tempo de setup.

4.2.1.3 Estudo do trabalho dos colaboradores - Manuseamento das ferramentas e materiais

Ao longo do projeto, procurou-se que os colaboradores se envolvam em atividades de melhoria contínua, mantendo a organização do espaço e a preocupação com as diversas ferramentas e materiais.

Para isso, tentou-se explicar que arrumar corretamente as ferramentas não só simplifica o seu trabalho, mas também permite averiguar se estas continuam com um bom desempenho, ou se é necessário algum tipo de reparação. Assim evita-se que, por exemplo, uma pistola seja colocada em linha avariada, provocando uma paragem para ser substituída.

De maneira a melhor compreender a magnitude deste problema, foi realizada uma análise ao longo de 5 semanas, do número médio de pistolas avariadas por semana, tendo-se chegado a um valor médio de 24 pistolas avariadas por semana. Este número elevado de avarias traduz-se num grande prejuízo para a empresa em custos de reparação e em paragens na produção.

Para se ter uma noção mais exata da gravidade de não se realizar ações preventivas para evitar este problema, efetuou-se um estudo do número de pistolas que necessitam de ser substituídas, devido a avaria, durante o setup:

- Em 41 setups analisados, houve um total de 11 pistolas avariadas colocadas em linha.

Nesses casos, o colaborador foi obrigado a parar a execução da mudança para ir ao armário das pistolas buscar uma pistola nova e substituir a avariada. Isto provoca, não só paragens incompreensíveis nos setups, mas também nervosismo e desatenção excessiva ao colaborador, prejudicando, ainda mais, o resto da mudança.

Este estudo foi partilhado com os colaboradores numa tentativa de apelar à importância do seu envolvimento e preocupação, não só com o processo de mudança e execução das mesmas, mas também com as ferramentas, materiais e a organização dos mesmos. Mais à frente, no sub-capítulo 4.5.1.2, será explicado como se resolveu este problema através de uma solução simples, mas eficaz.

Através da análise exposta ao longo dos sub-capítulos 3 e 4.2, obteve-se um conhecimento aprofundado do processo de setup, das operações, do espaço e das ferramentas e materiais envolvidos. Assim foi possível expor os problemas e construir um plano de ações de melhoria, com o apoio dos colaboradores, para posterior aplicação das técnicas SMED e 5S, tal como exposto na figura 4.8.

| Problemas | Propostas de melhoria |
|---|--|
| Tempo despendido na procura de ferramentas e materiais | Realização de atividades 5S |
| Tempo despendido em movimentos e deslocações desnecessárias | Aproximação da estante dos gabaritos e MAP aos carros de mudança |
| Material de apoio à produção (MAP) disposto aleatoriamente | Criação de zonas específicas para cada família de materiais |
| Ferramentas avariadas arrumadas juntamente com material bom | Identificar espeto do carro de mudança para colocar ferramentas avariadas |
| Falta de espaço na estante dos gabaritos | Acrescentar mais uma estante |
| Tempos de setup elevados | Aplicação da metodologia SMED |
| Inexistência de posições pré-definidas para posicionar pistolas na linha para cada modelo | Normalização de posições para cada pistola a utilizar em cada modelo e em cada linha |
| Inexistência de um fluxo contínuo no processo de setup | Normalização do processo |
| Trabalho não homogéneo dentro das equipas | Criação de uma norma de trabalho para os colaboradores |

Figura 4.8: Tabela resumo dos problemas e propostas de melhoria

Todas as oportunidades de melhoria resumidas na figura 4.8, levam à conclusão que o processo de setup tinha, de facto, a necessidade de implementar atividades 5S de maneira a organizar as equipas, os espaços e a normalizar o trabalho dos colaboradores e a metodologia SMED para diminuir os tempos de paragem das linhas e, consequentemente, o tempo total de setup.

Nos sub-capítulos seguintes serão apresentadas e explicadas com detalhe todas as soluções implementadas no âmbito da metodologia SMED. A aplicação desta metodologia encontra-se sintetizada na figura 4.9, onde se pode averiguar as diferentes etapas realizadas e todas as distintas

ações de melhoria aplicadas ao longo das mesmas, com os correspondentes sub-capítulos dessas mesmas etapas e melhorias assinalados na própria figura.

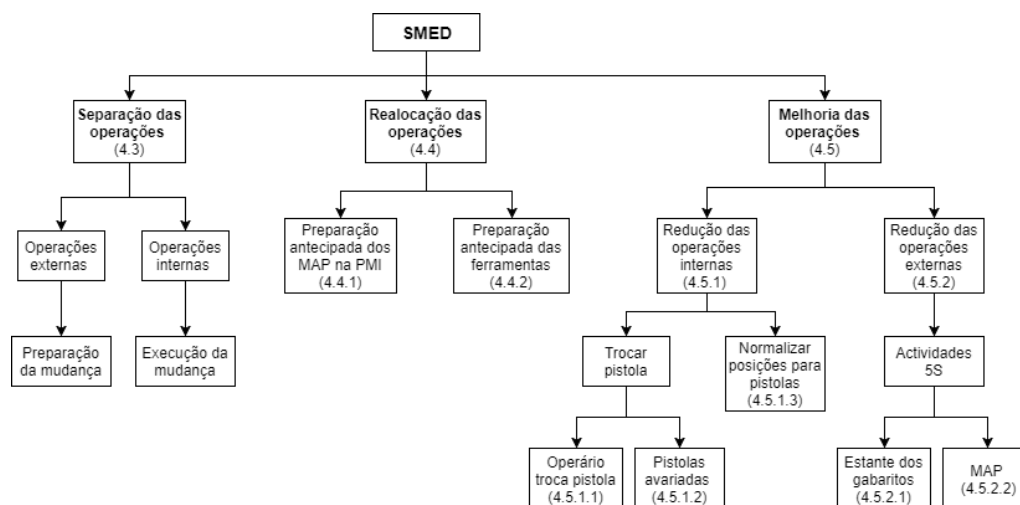


Figura 4.9: Metodologia SMED implementada, com sub-capítulos correspondentes assinalados

4.3 Separação das Operações Internas e Externas

Como referido anteriormente, a primeira fase do projeto passou por recolher toda a informação referente ao processo de setup. Assim, uma das primeiras operações realizadas foi a observação, identificação e definição das operações (externas e internas). Para obter essa definição, foi necessário acompanhar o processo, cronometrar tempos e entrevistar os colaboradores com o objetivo de clarificar e compreender todos os procedimentos.

Consideram-se operações externas todas as operações que possam ser realizadas com o equipamento a funcionar e ao analisar as operações realizadas pelos colaboradores, conclui-se que todas as operações de preparação da mudança referidas na figura 4.4 são operações externas. Por outro lado, definiu-se como operações internas, as presentes no fluxograma apresentado na figura 3.39, sendo estas:

- Reposicionar material de apoio à produção;
- Trocar gabarito;
- Trocar pistola;
- Reposicionar pistola.

Na figura 4.10 é apresentado um exemplo das tabelas de instruções de mudança criadas ao longo do projeto, sendo esta em particular para a mudança do modelo Tilt 120 para o modelo RR 340 L. Esta, expõe as operações de pré-setup (preparação da mudança), setup (execução da mudança) e pós-setup (arrumação das ferramentas e material) que o colaborador deve efetuar no decorrer do processo de setup e contém o tipo de operação (interna ou externa) e os tempos de execução das mesmas e tempo total para concluir todo o processo.

| Instruções de Mudança: Tilt 120 -> RR 340 L | | | | | |
|---|----|---|---------|-------------------|-----------------|
| | Nº | Operação | Tipo | Tempo de operação | Tempo acumulado |
| Pré-Setup | 1 | Verificar pistolas e map necessários | Externa | 200 s | 200 s |
| | 2 | Levar empilhadora até à zona de arrumação do map | Externa | 20 s | 220 s |
| | 3 | Localizar e recolher o map e colocá-lo na linha | Externa | 120 s | 340 s |
| | 4 | Ir até à estante dos gabaritos com carro de mudança | Externa | 35 s | 375 s |
| | 5 | Localizar, recolher e colocar os gabarito dos avanços e volantes do modelo RR 340 L no carro de mudança | Externa | 40 s | 415 s |
| | 6 | Colocar pistolas, mangueiras e balanceadores no carro de mudança | Externa | 120 s | 195 s |
| | 7 | Levar carro de mudança para a linha | Externa | 20 s | 215 s |
| Setup | 9 | Posicionar/Reposicionar MAP no PMI | Interna | 40 s | 255 s |
| | 9 | Trocar gabaritos | Interna | 20 s | 275 s |
| | 10 | Colocar/Trocar pistolas | Interna | 250 s | 525 s |
| Pós-Setup | 11 | Arrumar carro de mudança (gabaritos e ferramentas) | Externa | 150 s | 675 s |
| | 12 | Guardar carro de mudança na zona de preparação da mudança | Externa | 20 s | 695 s |
| | 13 | Arrumar MAP nos locais designados | Externa | 90 s | 785 s |

Figura 4.10: Exemplo de instruções de setup para mudança do modelo Tilt 120 para RR 340 L

As tarefas internas fazem parte da execução da mudança (setup) e na figura 4.10 é possível comparar os tempos entre as mesmas. De maneira a determinar quais os pontos críticos nos quais se deve atuar, a tabela 4.1 é constituída por alguns tempos médios medidos ao longo de 41 setups.

| | |
|---|-----|
| Tempo médio para trocar pistola / setup (s) | 21 |
| Tempo médio para reposicionar pistola durante setup (s) | 35 |
| Tempo médio perdido a reposicionar pistolas durante setup (s) | 160 |

Tabela 4.1: Tempos médios de execução de operações internas

Ao longo destes 41 setups, para além dos tempos referidos na tabela 4.1, foram registados dois números relevantes para a essa análise dos pontos críticos.

- Nº médio de pistolas reposicionadas / setup - 4,56
- Nº total de pistolas reposicionadas durante os 41 setups - 187

Como já foi referido antes, por vezes, depois do colaborador trocar ou colocar uma pistola, o operador da mesma solicita que este a reposicione de acordo com a sua preferência. Assim, esta inexistência de posições pré-definidas para as ferramentas obriga os colaboradores a reposicionar as pistolas múltiplas vezes ao longo de um setup, prejudicando o trabalho dos colaboradores e a própria mudança, causando tempos de paragem desnecessários.

Tal como se expôs na tabela 2.1, presente no sub-capítulo 2.3.2, Shingo afirma que cerca de 50% do tempo total dos setups é utilizado na realização de testes e ajustes. No caso das linhas em estudo, esta afirmação verificou-se verdadeira, tal como anteriormente referido na figura 4.8 e, assim sendo, procurou-se encontrar maneiras de a reduzir. A implementação dessa solução encontrada será apresentada na secção 4.5.1.3 e foi, possivelmente, a melhoria mais vital para o processo de setup da RTE.

4.4 Realocação das Operações

Tendo em conta a aplicação da metodologia SMED na altura da criação das linhas de montagem de bicicletas e o posterior nível de evolução do processo de mudança nas mesmas, não houve muita margem para executar esta etapa. No entanto, procurou-se converter algumas operações internas em externas através da preparação antecipada das ferramentas e dos materiais.

4.4.1 Preparação antecipada dos MAP na PMI

Algumas mudanças têm a peculiaridade de ter de se trocar a ordem do material de apoio na PMI (por exemplo, mudança do modelo Elops 520 para Original 520, ou vice-versa). Isto acontece quando se está a produzir um modelo onde na PMI se monta primeiro o porta-bagagens (utilizando 1 MG e 1 SG) e depois os guarda-lamas (usando 2 MM e 1 SG), como mostrado na figura 4.11, e na OF (modelo) seguinte monta-se primeiro o guarda-lamas e só depois o porta-bagagens (como na figura 4.12).

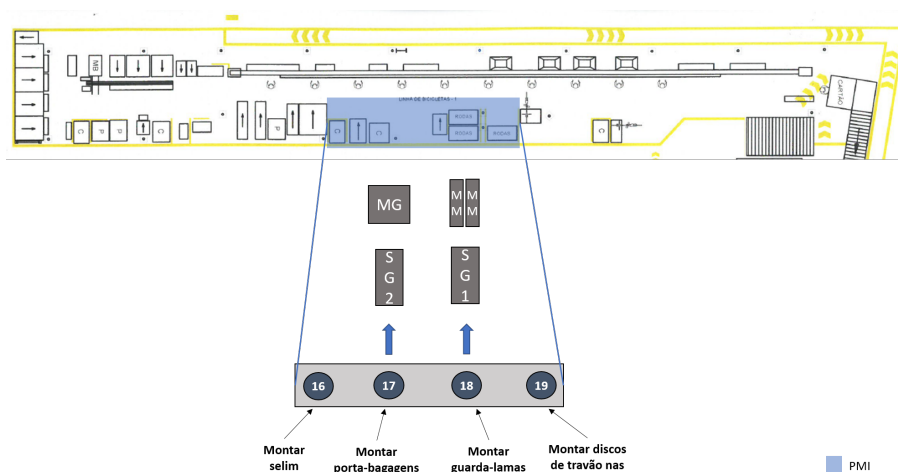


Figura 4.11: Layout da secção PMI na montagem do modelo Elops 520

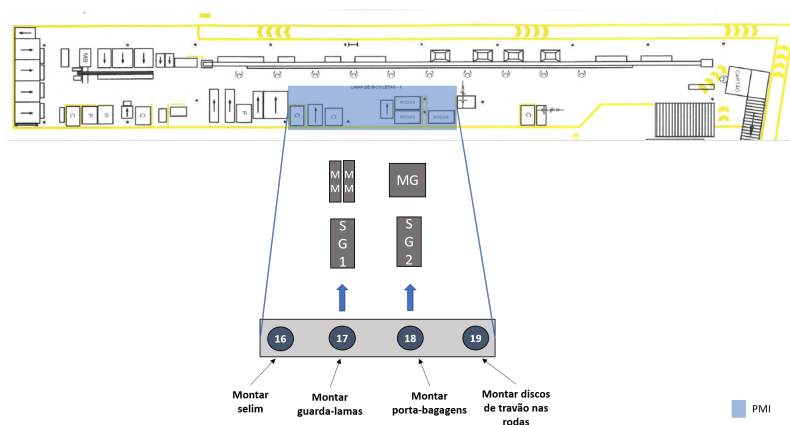


Figura 4.12: Layout da secção PMI na montagem do modelo Original 520

Estas mudanças são das mais desafiantes para os colaboradores, porque para além de terem de colocar e reposicionar as pistolas na linha, têm também de alterar a configuração das mesas e supermercados (todos estes materiais de apoio à produção podem ser visualizados no Anexo A.1) utilizadas na pré-montagem dos porta-bagagens (PB) e guarda-lamas (GL).

A alteração do layout da PMI é vital para o início da produção da nova OF, pois só depois desta (alteração) estar finalizada é que é possível iniciar o abastecimento e a montagem dos componentes (porta-bagagens e guarda-lamas) para o novo modelo. Caso esta alteração não seja efetuada atempadamente não haverá porta-bagagens nem guarda-lamas para montar nas bicicletas da nova OF, que entretanto vão entrando em linha.

Como foi observado em algumas mudanças, este nível adicional de trabalho prejudica bastante a execução das mesmas por parte dos colaboradores e, acima de tudo, a falta de componentes (porta-bagagens e guarda-lamas) para montar nas bicicletas da nova OF leva a tempos elevados de paragem.

Por forma a simplificar o trabalho e a garantir que há componentes para serem montados nas primeiras bicicletas da nova OF, propôs-se realizar a alteração das mesas com antecedência de cerca de 20 bicicletas para a mudança de modelo. Assim, os colaboradores podem efetuar esta tarefa sem a preocupação de colocar pistolas ou gabaritos e permite que os operários adiantem porta-bagagens e guarda-lamas para serem montados no novo modelo.

Depois de implementada esta solução, compararam-se os tempos de paragem antes e depois e foi possível verificar uma redução de 40% nos mesmos, passando-se de aproximadamente 5 minutos para apenas 3 minutos de paragem nestes setups específicos. Para além disso, não houve mais registo de falta de componentes para montar nas bicicletas da nova OF e os colaboradores podem focar-se no posicionamento das pistolas sem distrações extra.

4.4.2 Preparação antecipada das ferramentas

Tal como mencionado na secção 3.3.1, de forma a manter a mangueira presa ao cabo de aço do balanceador e para não perturbar os movimentos do operador, são utilizadas abraçadeiras de plástico (*zip tie*).

Consoante o tipo de operação e o tamanho da mangueira os colaboradores necessitam de colocar um determinado número de abraçadeiras depois de posicionarem a pistola. Esta tarefa atrasa a execução da mudança e por esse motivo acarreta tempos de paragem, podendo estes ser facilmente resolvidos caso se prepare o conjunto pistola, mangueira e balanceador e coloque as abraçadeiras antes deste entrar na linha.

Esta ação de melhoria foi implementada com sucesso e, tal como esperado, ao preparar antecipadamente as ferramentas foi possível diminuir os tempos de paragem nas mudanças futuras.

4.5 Melhoria das Operações

Esta secção tem como objetivo expor as soluções implementadas no âmbito da melhoria das operações, correspondente à 3ª etapa da metodologia SMED.

Após a recolha e análise dos dados, a perceção das operações que ocupavam a maior percentagem do tempo global de cada processo foi imediata, verificando-se que as ações a tomar deveriam incidir, principalmente: na organização e identificação do espaço, ferramentas e materiais; da criação de uma norma de trabalho; da criação de posições pré-definidas para as ferramentas e da normalização do processo em geral.

A transformação das operações internas em externas (sub-capítulo 4.4) e resultados obtidos visam reduzir o tempo total do processo de mudança, enquanto que a melhoria de cada operação tem como intuito simplificar e agilizar o trabalho, reduzindo o tempo de execução das mesmas e consequentemente o tempo total de setup.

De seguida irá apresentar-se a implementação das proposta de melhoria sintetizadas na figura 4.8, na perspectiva de reduzir e melhorar as operações internas e externas, procurando diminuir o tempo total de setup.

4.5.1 Redução das operações internas

Após a transformação das operações internas em externas, a redução do trabalho interno constitui a próxima etapa da metodologia SMED. Esta é talvez a etapa mais relevante para a diminuição dos tempos de setup, pois tem uma relação direta com a simplificação do processo de mudança. A redução das operações internas procura simplificar fixações e apertos, eliminar ajustes e afinações.

As 3 atividades internas que se procurou melhorar serão abordadas nesta secção, sendo elas:

- Trocar pistola;
- Retirar ferramenta avariada da linha durante setup;
- Posicionamento das pistolas na linha.

4.5.1.1 Trocar pistola

Este problema apesar de não ser crítico pode ter algumas consequências escondidas e, em maior parte dos casos, é facilmente resolvido.

No fluxograma presente na figura 4.3 é de notar que o colaborador necessita de esperar que o operário finalize a tarefa, para trocar a pistola por aquela que será utilizada na OF seguinte.

Fazendo referência à tabela 4.1, o tempo médio para trocar uma pistola é 21 segundos e tendo em conta que o nº médio de pistolas que são trocadas por setup é 3,2 pistolas, totaliza um tempo médio gasto a trocar pistolas por setup equivalente a 67 segundos (aproximadamente 1 min). Para além de o colaborador estar ocupado durante esse minuto, estará indisponível para resolver qualquer outro problema enquanto espera que o operário acabe de utilizar a pistola. Assim, as tais consequências escondidas tornam-se mais evidentes e um problema outrora quase desconhecido, rapidamente transformou-se numa oportunidade de melhoria.

A resolução deste problema, apesar de determinante, não envolveu custos, passando simplesmente pelo envolvimento de todos os operários e colaboradores. Deste modo, no caso de ser uma simples troca direta de pistolas, o operador das mesmas fica encarregue de as trocar, poupando

tempo e diminuindo o risco de paragens. O colaborador apenas deixa a pistola no posto do operário, avisa-o dessa situação e o mesmo realiza a troca. Depois da mudança estar concluída o colaborador recolhe todas as pistolas e coloca-as no carro de mudança antes de o arrumar.

Esta solução possibilitou que os colaboradores responsáveis pela execução da mudança pudessem concentrar todos os seus esforços na realização de tarefas mais complexas, melhorando o processo de mudança.

4.5.1.2 Ferramentas avariadas

Na análise inicial do processo uma das situações que enalteceu a desorganização e a total despreocupação e desconsideração pelas ferramentas foi a ilustrada pela figura 4.7 e pela análise das pistolas avariadas apresentada no final da secção 4.2.

O problema descrito na figura 4.8 como *"ferramentas avariadas arrumadas juntamente com material bom"*, tal como o problema exposto no sub-capítulo 4.5.1.1, origina efeitos nocivos para os setups, camuflados por inconvenientes maiores. De facto, esta questão perturba mais o processo produtivo e nem tanto o processo de setup, em particular. De qualquer forma, ao reformular a organização das ferramentas e ao criar uma norma para a utilização e manuseamento das mesmas, apurou-se uma possibilidade de melhoria deste problema.



Figura 4.13: Fotografias ilustrativas da despreocupação para com as ferramentas

Na figura 4.13 encontram-se 3 fotografias de 3 carros de mudança durante 3 mudanças distintas e todas demonstram a falta de cuidado que os colaboradores revelavam a manusear as ferramentas. Principalmente na fotografia do meio, onde as pistolas encontravam-se debaixo de um gabarito, revê-se a falta de vontade e desinteresse demonstrado pelos colaboradores para com as ferramentas. Mais uma vez, a falta de uma norma de trabalho é visível e levou a uma mentalidade de desmazelo, tanto na execução das tarefas, como no tratamento das ferramentas e materiais.

Nestas condições seria impossível distinguir uma ferramenta avariada de uma em boas condições de trabalho, como comprovado pelo número de pistolas avariadas retiradas durante os setups

apresentados no final da secção 4.2. Durante as 41 mudanças analisadas verificou-se um total de 11 pistolas que foram colocadas na linha avariadas e que tiveram de ser substituídas.

Quando questionados sobre esta situação, os colaboradores defenderam-se afirmando que não tinham nenhum sítio específico no carro de mudança para colocar ferramentas avariadas. Por causa disso, por vezes, esqueciam-se que tinham retirado uma pistola avariada da linha e voltavam a coloca-la no armário das pistolas sem antes esta ser reparada.

Sendo assim, foi colocado, estrategicamente, um invólucro vermelho num dos 12 espetos do carro de mudança e uma etiqueta *Dymo* com a designação "Avariada", para identificar conclusivamente o espeto onde é suposto colocar as ferramentas avariadas, tal como demonstrado na figura 4.14.



Figura 4.14: Espeto do carro de mudança para ferramentas avariadas

Antes desta alteração, em caso de avaria de uma ferramenta, esta seria colocada algures no carro de mudança e o colaborador teria a responsabilidade de lembrar-se qual a ferramenta avariada, já que no fim da mudança teria de notificar o técnico para este a reparar. Após a implementação desta ação de melhoria, aparecendo uma ferramenta avariada durante uma mudança, esta deve ser colocada no espeto "Avariada" e, assim, o técnico sabe automaticamente que essa ferramenta tem de ser reparada. Desta forma, eliminou-se a probabilidade de o colaborador esquecer-se qual a ferramenta avariada e numa mudança futura voltar a colocar essa mesma ferramenta avariada na linha e dinamizou-se o processo de reparação da mesma.

Através desta simples identificação, foi possível reduzir de 11 para *zero* o número de pistolas colocadas na linha avariadas durante as mudanças, não havendo mais nenhuma ocorrência deste género durante a restante duração do projeto. Concluindo, a criação de uma norma para o tratamento e manuseamento das ferramentas avariadas resultou numa:

- Redução de 100% do número de pistolas avariadas colocadas na linha durante o setup, não havendo mais nenhum registo dessa situação no resto do projeto;
- Agilização do processo de reparação das ferramentas avariadas.

4.5.1.3 Normalização de posições para as ferramentas

A falta de uma norma para o posicionamento das ferramentas na linha, demonstrou ser o ponto crítico fulcral no processo de setup e, consequentemente, para o projeto. Esta secção irá explanar como se solucionou este problema.

No sub-capítulo 4.3 analisaram-se as operações internas e como foi mencionado, por vezes, é necessário reposicionar a pistola, provocando paragens que prejudicam a mudança. Esta necessidade existe porque nas distribuições de tarefas não está contemplado a posição específica de cada pistola, apenas se encontra o posto de trabalho, a tarefa a executar e a ferramenta que deve ser utilizada. Um exemplo dessas DT's é a figura 3.35, apresentada no sub-capítulo 3.3.1.

As consequências desta inexistência de posições pré-definidas para colocar as pistolas é perceptível na análise dos números apresentados na tabela 4.1. Todos estes valores foram medidos durante 41 mudanças e apurou-se que o número médio de pistolas que têm de ser reposicionadas durante um setup era 4,56 e o número total de pistolas reposicionadas ao longo desses 41 setups foi 187. Através destes tempos médios medidos e números de pistolas reposicionadas retira-se duas conclusões importantes:

- Num setup perde-se, em média, 2 minutos e 40 segundos a reposicionar pistolas;
- Nas 41 mudanças totalizou-se 1 hora e 49 minutos de paragens só para alterar a posição das pistolas.

Assim, compreende-se a preponderância dada a este problema e ao papel central desta melhoria para o projeto. Esta solução foi então dividida em 4 etapas e implementada, inicialmente, apenas na linha 1.

1. Divisão da linha em sectores, através de um código de cores;
2. Levantamento das calhas da linha e divisão das mesmas em secções;
3. Criação de norma visual nas calhas, picagens e nos carros de mudança;
4. Definir posições para cada pistola da distribuição de tarefas de cada modelo, em cada linha.

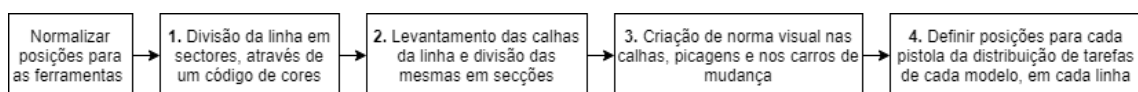


Figura 4.15: Divisão da normalização de posições para ferramentas por fases

1. De acordo com a figura 4.15, a primeira fase consistiu em dividir a linha em sectores, utilizando um código visual de cores. Para isso, recorreu-se, inicialmente, à planta presente na figura 4.5 e procedeu-se à sua divisão, estando o resultado espelhado na figura 4.16.

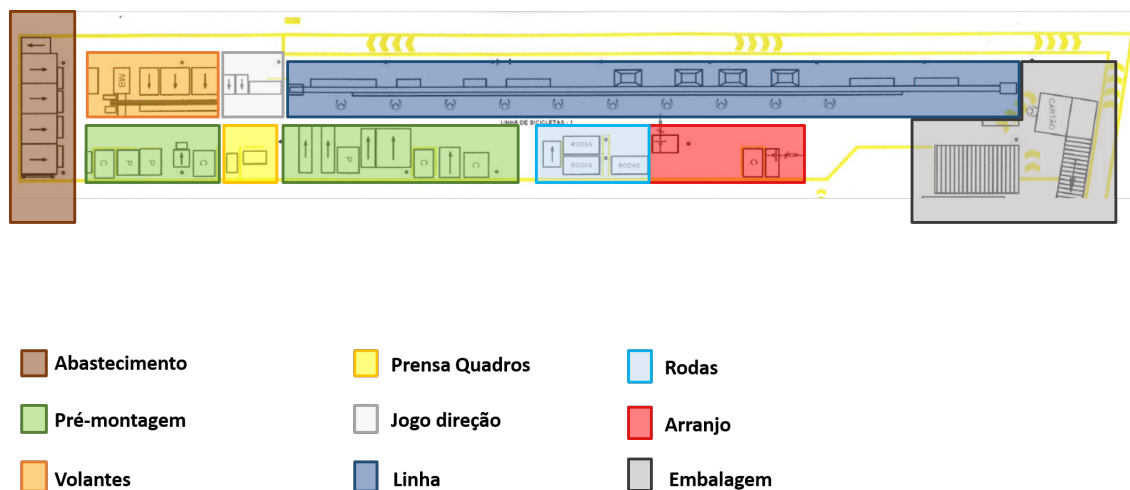


Figura 4.16: Planta da linha 1 dividida em sectores

De seguida, dividiu-se o layout representado na figura 3.11 pelos mesmos sectores, com a exceção das *Rodas* e *Arranjo*. Esta exclusão deveu-se ao facto do sector *Rodas* ter sido incluído na secção *Pré-montagem*, em particular na PMI, e como o sector *Arranjo* não faz parte do processo de setup, incluí-lo nesta divisão não faria sentido.

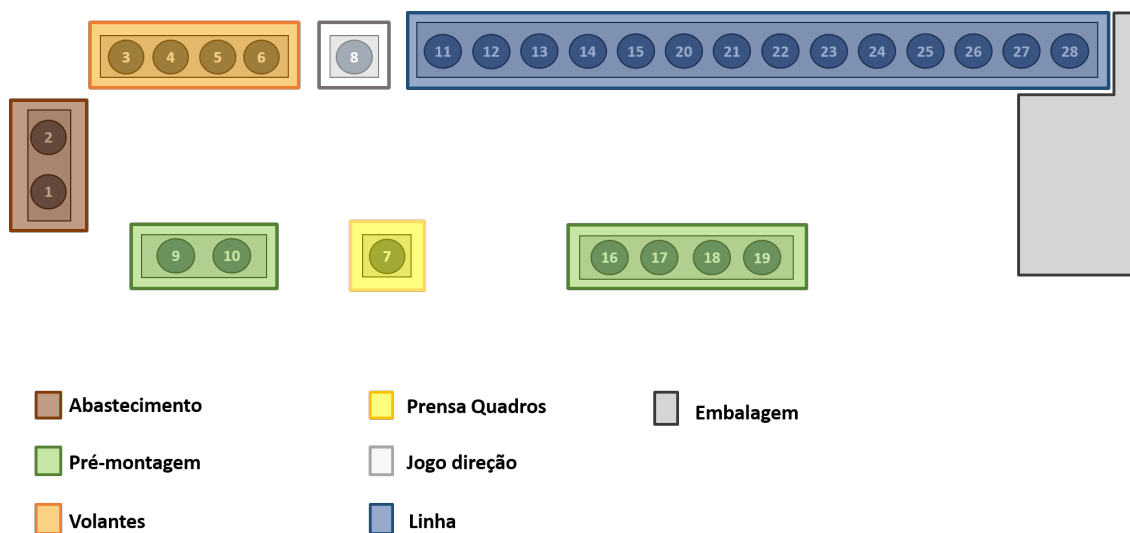


Figura 4.17: Linha 1 dividida em sectores

2. Na segunda etapa realizou-se o levantamento de todas as calhas de cada sector da linha 1 e a medição do comprimento de cada uma, dando origem ao seguinte esquema (figura 4.18):

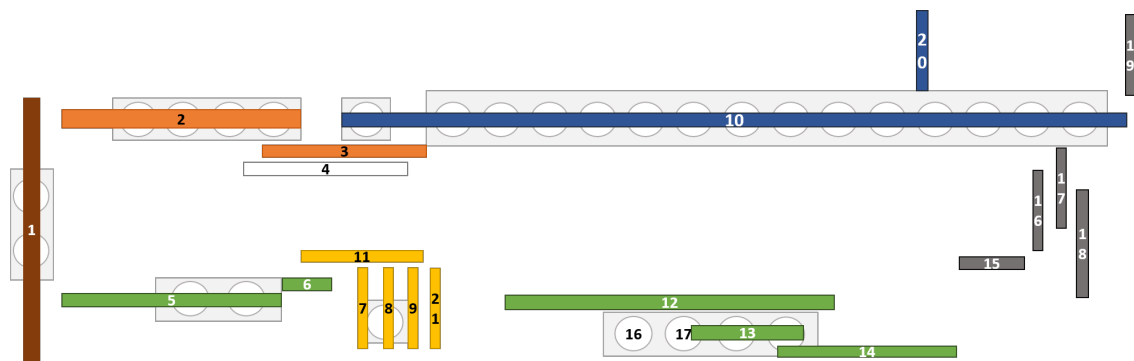


Figura 4.18: Levantamento das calhas por sector da linha 1

Na figura 4.19 encontram-se as medições das calhas, que foram depois utilizadas para dividir as próprias em secções.

| Calha | Comprimento (m) |
|-------------|-----------------|
| 1 | 4,81 |
| 2 | 5,57 |
| 3 | 4,80 |
| 4 | 4,80 |
| 5 | 5,61 |
| 6 | 0,95 |
| 7, 8, 9, 21 | 1,20 |
| 10 | 35,60 |
| 11 | 2,10 |
| 12 | 6,50 |
| 13 | 4,10 |
| 14 | 7,21 |
| 15 | 0,45 |
| 16 | 1,30 |
| 17 | 1,20 |
| 18 | 2,60 |
| 19 | 0,45 |
| 20 | 1,20 |

Figura 4.19: Comprimentos medidos das calhas

Através destas medições dividiram-se as calhas em secções, de acordo com o número ideal de furos para proporcionar a maior flexibilidade possível, sem deixar margem para dúvidas na definição das posições das pistola. Na figura 4.20 demonstra-se, consoante este método, em quantas secções de 2, 3 ou 4 furos foram divididas, aproximadamente, cada uma das calhas.

| Calha | Nº de furos / secção | Nº de secções |
|-------|----------------------|---------------|
| 2 | 3 | 9 |
| 3 | 3 | 6 |
| 4 | 3 | 6 |
| 5 | 3 | 8 |
| 6 | 3 | 2 |
| 7 | 2 | 3 |
| 8 | 2 | 3 |
| 9 | 2 | 3 |
| 10 | 4 | 42 |
| 11 | 3 | 4 |
| 12 | 3 | 10 |
| 13 | 3 | 8 |
| 14 | 3 | 12 |
| 21 | 2 | 3 |

Figura 4.20: Divisão das calhas em secções

Na figura 4.21, esta divisão aparece em formato de layout, de maneira a ser mais simples a sua compreensão.

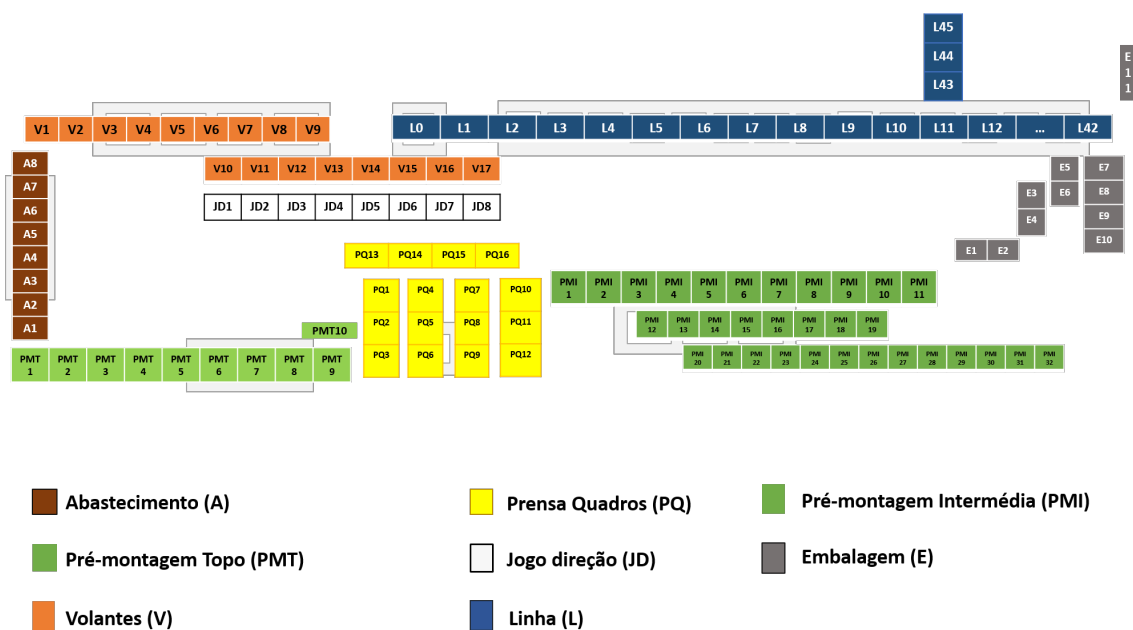


Figura 4.21: Layout da linha 1 com a divisão das calhas em secções e designação das mesmas

Como se pode conferir, na figura 4.21 encontra-se o esquema utilizado para a identificação das calhas na etapa seguinte desta solução e as designações utilizadas nessa mesma identificação de cada secção da calha, de acordo com o sector da linha.

3. Concluída a etapa 2, de levantamento e estruturação da divisão das calhas, deu-se início à colocação do apoio visual nas mesmas, consoante a figura 4.21. Este processo remete à 3ª fase da implementação desta melhoria e, para além das calhas, identificaram-se também, as picagens e os carros de mudança, começando assim a criar-se a norma que seria ultimada na 4ª etapa. Para a identificação das calhas utilizou-se fita de vinil e fita Dymo e para as picagens e carros de mudança somente fita Dymo. Os resultados desta terceira etapa estão retratado nas figuras 4.22, 4.23 e 4.24



Figura 4.22: Calhas e picagem do sector Linha identificadas



Figura 4.23: Calhas e picagens do sector Volantes identificadas



Figura 4.24: Carro de mudança antes (esquerda) e depois (direita) de identificado

Antes de se dar início à etapa final desta ação de melhoria, constatou-se que a linha já identificada (linha 1) iria ter um número muito reduzido de mudanças nas próximas semanas, impossibilitando uma análise conclusiva da solução implementada. Desta maneira, optou-se por realizar as 3 primeiras etapas nas linhas 2 e 4, de forma a aumentar a probabilidade de um estudo categórico sobre as vantagens da mesma. Os documentos referentes à implementação das etapas 1, 2 e 3 nas linhas 2 (figura A.10) e 4 (figura A.11) encontram-se no anexo A.2. Ao analisar estas figuras presentes no anexo A.2 torna-se importante referir que, tanto os layouts das 3 linhas, como a distribuição das calhas pelos sectores e o comprimento das mesmas, revelam ter ligeiras diferenças. Por este mesmo motivo, a definição de posições para as ferramentas utilizadas em cada modelo realizada na etapa seguinte, foi efetuada, individualmente, para cada linha.

4. Assim, depois de devidamente identificadas todas as calhas e picagens da linha 1, 2 e 4, iniciou-se a última fase desta implementação: definição de posições para cada ferramenta presente na distribuição de tarefas de cada modelo, para cada linha. Para isso, determinou-se que as distribuições de tarefas iriam sofrer alterações, passando a ter, para além do posto, tarefa a executar e pistola a utilizar, o balanceador e mangueira designados para determinada pistola e a sua posição na linha (sector da calha e picagem).

Estas posições foram deliberadas através de entrevistas aos colaboradores que executam as mudanças e aos operários, no momento de montagem de cada modelo específico em determinada linha.

De seguida (figura 4.25) apresenta-se a DT finalizada do modelo RR 340 na linha 2, anteriormente introduzida na figura 3.35, permitindo assim uma comparação de ambas e a comprovação

das diferenças: linha em que o modelo está a ser montado; mangueira, balanceador, sector da calha e picagem para cada pistola.

| Rockrider 340 (todas as cores) | | | | | Linha 2 | |
|--------------------------------|-------------|---|------------|----------|---------------------------|-------------------|
| Nº | Posto | Tarefas Volantes | Ferramenta | Bit / Cx | Mangueira/ Balanceador | Calha/ Picagem |
| 1 | Terminais 1 | Cortar um conjunto de gaine de desviador, colocar terminais e mousses | | | | |
| 2 | Terminais 2 | Cortar um conjunto de gaine de travão e colocar terminais | | | | |
| 2 | Volantes 1 | Posicionar avanço e guiador no gabarit | | | | |
| | | Apertar avanço | Pistola A | 5 mm | RW - 3 | V3 / 2 |
| | | Enfiar cabo e colocar manete de travão esquerda (Frente) | | | | |
| | | Colocar grip esquerdo (VF) | | | | |
| | | Colocar punho esquerdo | | | | |
| | | Enfiar gaine grip esquerdo (VF) | | | | |
| 3 | Volantes 2 | Posicionar guiador no gabarit | | | | |
| | | Enfiar cabo e colocar manete de travão direita (Trás) | | | | |
| | | Colocar grip direito (VT) | | | | |
| | | Colocar punho direito | | | | |
| | | Enfiar gaine grip direito (VT) | | | | |
| 4 | Punhos | Posicionar guiador no gabarit | | | | |
| | | Soprar Punhos | | | | |
| | | Apertar travões | Pistola B | 5 mm | RW - 0 | V7 / 8 |

Figura 4.25: Distribuição de tarefas do modelo RR 340 com ferramentas, calha e picagem

Ao longo do projeto, foram preenchidas 31 DT's de modelos diferentes, utilizando o formato descrito ao longo deste sub-capítulo e demonstrado na figura 4.25. Nas tabelas resumo das DT's preenchidas presentes no anexo A.3, encontram-se os modelos que já têm posições definidas para as ferramentas entre todos os modelos montados na RTE. Nessa tabela as linhas L3, L5 e L6 estão a cinzento, pois não foram identificadas e os modelos que não podem ser montados nas linhas L1, L2 e L4, devido a restrições variadas, estão preenchidos a vermelho.

Mesmo antes da implementação desta solução estar completa, verificaram-se melhorias no processo, como por exemplo:

- Ao identificar os espetos dos carros de mudança com a secção designada (figura 4.24) foi possível normalizar o trabalho dos colaboradores, em particular na preparação da mudança.

Tendo em conta que em cada turno há dois colaboradores responsáveis pelas mudanças, é primordial que estes trabalhem de maneira homogénea e, através da criação desta norma, isso demonstrou ser exequível.

Após implementada, esta melhoria demonstrou, tal como esperado, ser bastante vantajosa, tanto para os colaboradores, como para o processo.

- A criação de uma norma de trabalho permitiu a existência de um fluxo contínuo, reduzindo as paragens e possibilitou a diminuição da dependência de um dos colaboradores ou operário experiente para posicionar corretamente as ferramentas.

Esta normalização do processo, para além de reduzir erros e defeitos, conferiu maior flexibilidade e maior facilidade na integração de novos colaboradores. Havendo uma norma, qualquer novo colaborador, por pouco conhecimento e inexperiência que tenha na área, pode limitar-se a segui-la e será mais facilmente integrado, realizando o processo da melhor maneira o mais rapidamente possível, tal como será corroborado no Capítulo 5.

4.5.2 Redução das operações externas

Algumas melhorias no que respeita à organização e identificação do espaço, às ferramentas e aos materiais utilizados no processo de mudança podem contribuir para aumentar a eficiência, eficácia, agilidade e qualidade das atividades externas. A proposta de melhoria a aplicar nas operações externas deste processo vai de encontro à metodologia da ferramenta 5S (Triagem, Organização, Limpeza, Normalização, Disciplina).

Tal como referido na secção 4.2, a implementação destas atividades em conjunto com a metodologia SMED teve o intuito de eliminar desperdícios, criar uma norma visual e reduzir tempos de localização, acesso e recolha das ferramentas e materiais. Para isso, realizaram-se então atividades 5S nos pontos mais críticos do processo de preparação da mudança: estante dos gabaritos e material de apoio à produção.

4.5.2.1 Estante dos gabaritos

- **1ºS Triagem**

Para a realização desta etapa foi necessário verificar o historial de produção dos últimos meses, para confirmar a possibilidade de remoção de alguns gabaritos de modelos que já não eram montados. Deste modo, decidiu-se retirar da estante esses mesmos gabaritos e estes foram colocados no armazém, pois, devido ao contexto em que se enquadra a empresa, poderiam surgir encomendas desses modelos mais antigos sem aviso prévio.

- **2ºS Organização**

Esta etapa consiste na arrumação e organização dos gabaritos na estante, segundo uma lógica simples e compreensível para todos os colaboradores. Para isso, o seu contributo e envolvimento foi crucial neste trabalho.

Inicialmente, verificou-se que não existia uma alocação específica dos gabaritos e, em alguns casos, não existia espaço para arrumar o que estava ser utilizado, aparecendo apenas quando se retirava o novo do seu sítio. Foi então requisitada uma nova estante e, com a adição da mesma, foi possível organizar todos os gabaritos de forma a não ser necessário utilizar a estante mais alta, devido ao seu difícil acesso.

A arrumação dos mesmos seguiu uma lógica de juntar todos os gabaritos de determinado modelo e coloca-los na mesma zona, para ser mais fácil localiza-los.

- **3ºS Limpeza**

Os colaboradores já estavam conscientes da importância da limpeza dos postos de trabalho, das ferramentas e dos materiais, sendo anteriormente estabelecidos planos de limpeza e estando estes a ser cumpridos. Sendo assim, apenas se reforçou a relevância desta etapa.

- **4ºS Normalização**

Depois de se estabelecer uma lógica para a disposição dos gabaritos, seguiu-se a identificação de cada grupo dos mesmos e a divisão do espaço para cada um desses grupos.

Esta etapa tem como objetivo reduzir o tempo despendido na localização dos gabaritos e para isso foram tomadas as seguintes medidas: criação de uma gestão visual, normas e procedimentos de arrumação. Assim, criaram-se etiquetas de identificação com o nome do modelo correspondente a cada conjunto de gabaritos e com diferentes cores, sendo que cada cor corresponde a uma família de produtos, tal como na tabela 3.1, para serem colocadas no lugar destinado à sua arrumação. Para além disso, o espaço ocupado por cada um desses conjuntos foi dividido de forma clara e categórica. Com isto, pretende-se diminuir a possibilidade de se misturar gabaritos de modelos diferentes e procurar manter as estantes organizadas.

O resultado final da organização e identificação da estante dos gabaritos pode ser visualizado nas figuras seguintes.



Figura 4.26: Estantes dos gabaritos depois de aplicação 5S

- **5ºS Disciplina**

Nesta etapa apenas se apelou ao bom senso dos colaboradores e transmitiu-se a importância de todos contribuírem para que as estantes se mantenham limpas e devidamente organizadas.

4.5.2.2 Material de apoio à produção (MAP)

À semelhança da aplicação da metodologia 5S nas estantes dos gabaritos, foi proposta a sua utilização na zona de arrumação dos materiais de apoio utilizados na mudança e nos próprios materiais.

- **1ºS Triagem**

Tal como no caso dos gabaritos, procurou-se confirmar a possibilidade de remover alguns materiais de apoio que já não eram utilizados. Apesar de se terem incluído alguns materiais nesta categoria, devido à falta de espaço para os arrumar no armazém, não foi possível remove-los da zona de arrumação do material.

• 2ºS Organização

No início do projeto este material encontrava-se desorganizado e era claro o mau aproveitamento do espaço disponível, tal como se pode verificar na figura 4.5. De maneira a reverter esta situação, organizou-se o espaço de forma ao material mais utilizado estar mais perto das linhas e foi designado um espaço específico para cada família de materiais. Na figura 4.27 apresenta-se um layout da planta das linhas com a nova organização do espaço de arrumação do material.

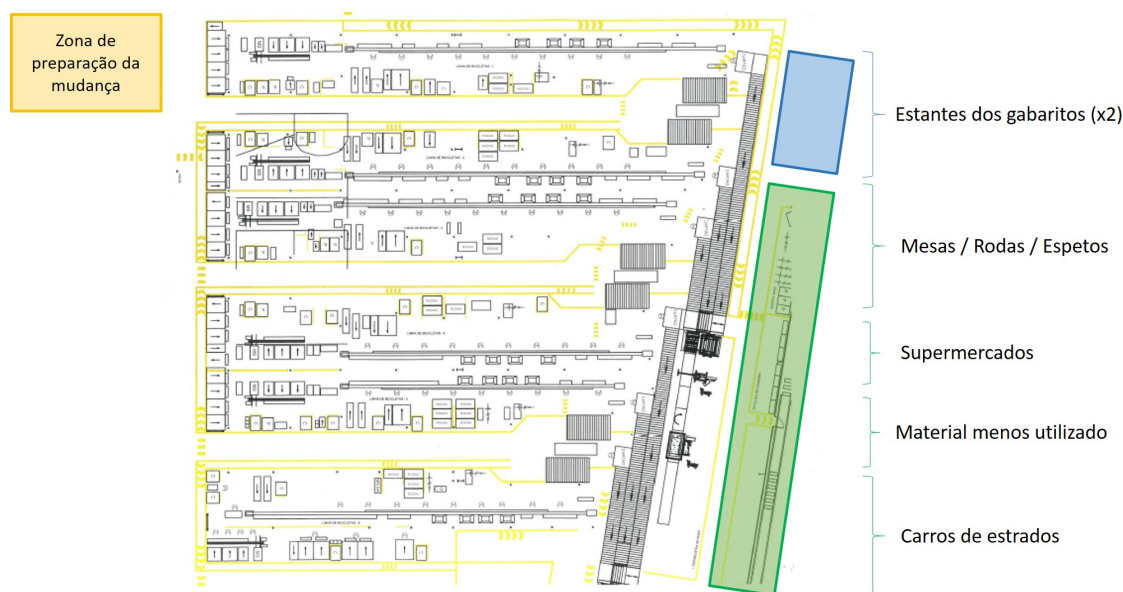


Figura 4.27: Nova organização do espaço de arrumação do material de apoio

• 3ºS Limpeza

Mais uma vez, nesta etapa apenas se corroborou a pertinência de manter o espaço de trabalho e os materiais limpos.

• 4ºS Normalização

Nesta etapa realizou-se a divisão do espaço exclusivo de cada família de materiais. Para ser o mais visível possível e manter uma aparência minimalista, colocou-se fita amarela no chão e identificou-se o espaço com recurso a cartões plastificados. O material foi também todo identificado, de acordo com as designações correspondentes, presentes nas figuras do anexo A.1, para ser mais fácil identifica-lo e organiza-lo de acordo com as famílias.

Nas figuras seguintes (4.28, 4.29 e 4.30) é possível visualizar todos os resultados desta etapa.

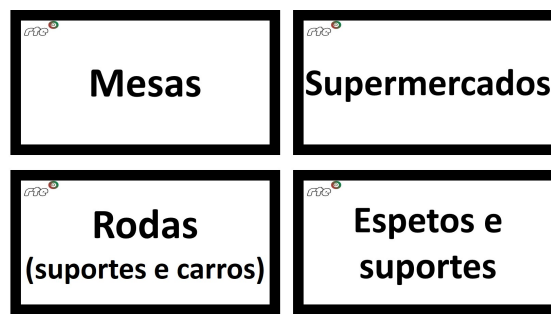


Figura 4.28: Cartões de identificação de cada família de materiais



Figura 4.29: Espetos da família Espetos e Suportes identificados de acordo com a sua designação



Figura 4.30: Espaço da família das Mesas organizado e delineado com fita amarela

• 5ºS Disciplina

Para finalizar, foi necessário criar hábitos de envolvimento e auto-disciplina entre os colaboradores, de forma a assegurar que o espaço e material é mantido nas condições apresentadas e, se possível, procurar melhorá-lo constantemente.

Capítulo 5

Análise de resultados

Neste Capítulo será realizada uma análise detalhada dos resultados obtidos, proporcionados pela metodologia adotada e explicada no capítulo 4 e as consequências desses mesmos resultados no processo de setup.

Apesar da resistência por parte dos colaboradores em seguir os novos procedimentos e do comodismo com o processo atual, os impactos provocados pela aplicação das propostas de melhoria são bastante positivos e animadores.

5.1 Melhorias nas operações externas

Depois de implementadas as atividades 5S, no âmbito de melhorar as operações externas, como demonstrado no sub-capítulo 4.5.2, mediram-se os novos tempos de execução das operações externas e os resultados foram os seguintes:

| Operação | Novo tempo médio medido |
|--|-------------------------|
| Localizar, recolher e colocar m.a.p. na linha | 2 min |
| Localizar, recolher e colocar gabaritos no carro de mudança | 2 min |
| Verificar que pistolas necessita, com apoio na DT e nos operários da linha | 4 min |
| Colocar pistolas, balanceadores e mangueiras no carro de mudança | 2 min |

Tabela 5.1: Novos tempos médios para executar as operações externas depois da aplicação de 5S

Ao comparar estes novos valores com os da tabela da figura 4.4 verifica-se uma redução em todos os tempos de execução das operações de preparação da mudança. Na figura 5.1 expõe-se a comparação dos tempos de execução das operações externas antes e depois da aplicação das melhorias, reforçando a redução percentual em cada uma.

| Operação | Tempo inicial | Tempo final | Redução (%) |
|--|---------------|-------------|-------------|
| Localizar, recolher e colocar m.a.p na linha | 5 min | 2 min | 60% |
| Localizar, recolher e colocar gabaritos no carro de mudança | 3 min | 2 min | 33% |
| Verificar que pistolas necessita, com apoio na DT e nos operários de linha | 8 min | 4 min | 50% |
| Colocar pistolas, balanceador e mangueira no carro de mudança | 4 min | 2 min | 50% |

Figura 5.1: Tabela comparativa dos tempos de execução das operações externas

Na tabela presente na figura 5.1 a redução do tempo de execução da operação "*Verificar que pistola necessita, com apoio na DT e nos operários de linha*", ao contrário das outras, não foi resultado direto da aplicação da metodologia 5S, mas sim da normalização das posições das pistolas explicada na secção 4.5.1.3. Essa normalização permitiu aos colaboradores utilizarem as novas DT's, como a ilustrada na figura 4.25, na preparação da mudança, tornando mais simples todo esse processo, incluindo a operação referida.

Na perspectiva das melhorias provenientes das atividades 5S, explicadas no sub-capítulo 4.5.2, através de: triagem de material desnecessário; organização e limpeza do espaço, dos gabaritos e do material de apoio; normalização e identificação desse mesmo espaço, materiais, estantes e carros de mudança, foi possível reduzir significativamente o tempo despendido em deslocações e na localização e recolha do material e dos gabaritos. Desta forma, foi possível simplificar e agilizar todo o processo de preparação da mudança, aumentando a eficácia do próprio processo de setup, diminuindo, assim, os tempos de mudança. Além disso, ao criar uma norma visual para o manuseamento das ferramentas, gabaritos e material gerou-se um fluxo contínuo e homogêneo de trabalho, diminuiu-se erros (não houve mais nenhuma pistola avariada a ser colocada na linha) e proporcionou-se uma base sólida para uma execução eficiente das mudanças.

5.2 Melhorias nas operações internas

As propostas implementadas na secção 4.5.1 constituem, talvez, a etapa mais relevante para a diminuição dos tempos de setup, pois têm uma relação direta com a simplificação e agilização do processo de mudança.

Numa primeira fase, a preparação antecipada das ferramentas e materiais apresentada na secção 4.4 proporcionou melhorias ao nível da organização da mudança e potenciou a eficácia das mesmas. Só depois da implementação das várias ações de melhoria apresentadas no sub-capítulo 4.5.1 é que foi possível estudar o processo final e constatar, como previsto, uma diminuição significativa dos tempos de setup, como será provado na secção 5.3.

Todas as soluções aplicadas otimizaram o processo, sendo algumas destas melhorias mais a nível qualitativo, devido à dificuldade de as quantificar. A criação de standards de trabalho que evitem desperdícios de tempo em deslocações, esperas e operações desnecessárias e, acima de tudo, erros na execução do processo de mudança, encaixam nessa categoria e para isso implementaram-se alguns sistemas *Poka-Yoke*. Um dos sistemas *Poka-Yoke* desenhado para evitar a todo o custo erros e defeitos causados por distrações dos colaboradores, foi o caso apresentado no sub-capítulo 4.5.1.2. Esta simples melhoria levou a uma redução de 100% de pistolas avariadas colocadas em linha, não havendo mais nenhum registo desta situação depois da sua implementação. Para o processo de setup, foi sem dúvida uma mais-valia, evitando-se assim desperdícios de tempo nas deslocações entre os armários das pistolas e a linha, que poderiam penalizar em mais de 1 minuto o tempo de mudança, quando há a necessidade de se trocar uma pistola avariada.

A aplicação de sistemas *poka-yoke* às atividades de setup tem como objetivo tornar as operações simples ao ponto de deixarem de ser necessários operadores especializados para as efetuar.

Assim cria-se a possibilidade de efetuar rotatividade entre postos, o que permite minorar impactos de absentismo, tornando o chão de fábrica menos dependente do conhecimento de funcionários experientes.

Seguindo a lógica da diminuição da dependência de colaboradores experientes para efetuar as mudanças, normalizaram-se posições para as ferramentas a utilizar em cada tarefa presente nas DT's de cada modelo. No sub-capítulo 4.5.1.3 explica-se o método utilizado para a implementação desta solução, sendo que, ao todo definiram-se essas posições para cerca de 30 modelos diferentes (mais pormenorizado nas tabelas do Anexo A.3) em 3 linhas distintas (linha 1, 2 e 4).

Apesar da relutância dos colaboradores em utilizarem as novas DT's (exemplificadas na figura 4.25 e no Anexo A.4) para efetuar as mudanças, os resultados foram deveras positivos e encorajadores. Na figura 5.2 realiza-se a comparação dos valores que denunciaram a importância desta melhoria desde o início do projeto e a sua redução assegurada pela mesma.

| | Análise inicial | Análise final | Redução (%) |
|---|-----------------|---------------|-------------|
| Nº médio de pistolas reposicionadas / setup | 4,56 | 3,83 | 16% |
| Nº total de pistolas reposicionadas durante 41 setups | 187 | 69 | 63% |
| Tempo médio perdido a reposicionar pistolas durante 1 setup (s) | 160 | 134 | 16% |

Figura 5.2: Tabela comparativa antes e depois das melhorias nas operações internas

Como se verifica pelos números apresentados acima (na figura 5.2), houve uma redução de 16% no número médio de pistolas reposicionadas por setup, diminuindo o tempo desperdiçado a reposicionar pistola durante 1 setup de 160 segundos para 134 segundos. Não parecendo muito, tendo em conta que esta norma foi sendo desenvolvida durante todo o decorrer do projeto, não ficando implementada a 100 % até à data do seu término, estes resultados demonstram que com o empenho e total envolvimento dos colaboradores é possível suprimir quase por completo a necessidade de reposicionar pistolas.

Por outro lado, com a criação desta norma, o domínio do conhecimento e experiência com o processo de mudança deixaram de ser requisitos limitantes para as efetuar. Para comprovar, testou-se a execução de uma mudança com um operário sem qualquer prática neste tipo de operações e, não só este a executou de forma bastante competente, mas completou a mudança dentro do intervalo de tempo médio para realizar esse mesmo setup em particular.

Outro aspeto negligenciado, desta vez na preparação da mudança, era a forma como se dispõem as pistolas nos carros de mudança, não tomando atenção à ordem de montagem na hora da preparação. Assim, não era óbvio para o colaborador, caso não tivesse sido ele a preparar o carro, qual o destino de cada pistola, prejudicando de várias maneiras o setup. Através da sua identificação, ilustrada na figura 4.24, foi possível anular este problema e criar um fluxo de trabalho homogêneo.

5.3 Diminuição do tempo de setup

De salientar que todos os tempos medidos e apresentados ao longo do projeto, foram medidos por mim, com recurso a um cronómetro, visto que não existia nenhum programa de medição do tempo de setup implementado.

Inicialmente, é importante fazer uma breve análise da produção das linhas em questão. Esta análise foi realizada com o apoio do plano de produção e de seguida apresentam-se alguns valores relevantes retirados dessa análise.

| | |
|--|--------|
| Nº médio de Bicicletas produzidas / turno / linha | 653,58 |
| Nº médio de Bicicletas produzidas / hora/ linha | 81,70 |
| Nº médio de Bicicletas produzidas / minuto / linha | 1,36 |

Tabela 5.2: Análise do número médio de bicicletas produzidas por turno

Na tabela 5.3 apresenta-se o número médio de mudanças nas linhas 1, 2 e 4, analisado ao longo dos meses de Setembro, Outubro e Novembro.

| | |
|-------------------------------------|-------|
| Média Mensal de Mudanças por linha | 33,50 |
| Média Semanal de Mudanças por linha | 7,76 |
| Média Diária de Mudanças por linha | 2,12 |

Tabela 5.3: Análise do número de mudanças das linhas 1, 2 e 4

Registou-se então uma média de 2,12 setups por dia (nos 2 turnos) por linha, o que implica que num dia de produção normal, nas 6 linhas, em média ocorrem 12,72 mudanças (2,12x6 linhas), daí a importância deste projeto para a RTE.

Tendo uma melhor noção da quantidade de mudanças existentes por linha num dia de produção, segue-se a análise dos tempos medidos de mudança antes da aplicação de qualquer melhoria (figura 5.3).

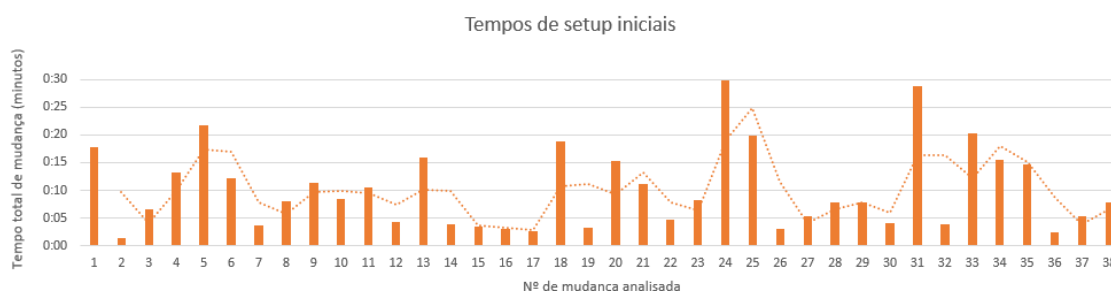


Figura 5.3: Gráfico da análise dos tempos de setup iniciais com média móvel

Como se pode verificar uma grande porção das mudanças eram executadas em mais de 10 minutos, havendo um caso extremo de 30 minutos (mudança nº 24). Analisando o gráfico conclui-se que o tempo médio de setup nesta situação inicial era 10 minutos e 15 segundos (00h:10min:15s), sendo este o valor de referência que se pretendeu diminuir ao longo do projeto.

De seguida, por forma a compreender melhor as diferenças entre a linha 1, 2 e 4 (linhas onde foram implementadas as melhorias) apresentam-se os gráficos da evolução dos tempos de setup nas mesmas, antes e depois da aplicação das ações de melhoria, sendo esta definida pelo traço vertical verde.

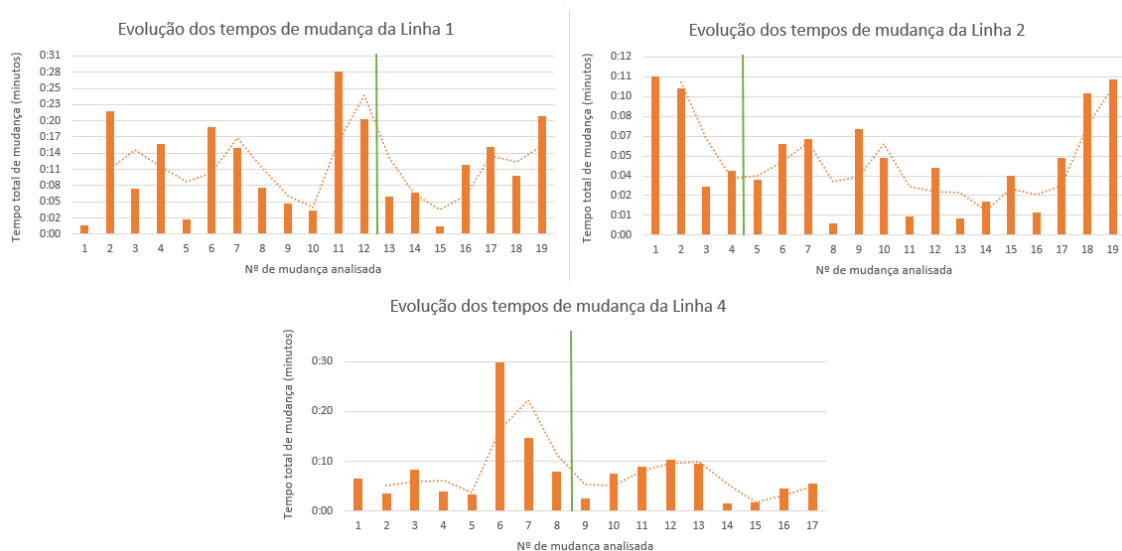


Figura 5.4: Gráficos da análise da evolução dos tempos de setup das linhas 1, 2 e 4

Ao analisar estes 3 gráficos (figura 5.4) averigua-se que em todos os casos houve uma tendência para a diminuição dos tempos de mudança a partir do momento da implementação da metodologia SMED, tal como seria de esperar. Outra conclusão advém do facto da linha 1 apresentar um tempo médio de setup superior às outras, daí se ter iniciado o projeto pela mesma. Isto, é facilmente explicado pela complexidade dos modelos montados na linha 1 em comparação com a 2 e 4 e a consequente dificuldade na execução das mudanças na mesma.

Desta maneira, apreende-se que a sequência de produção e complexidade da mesma influencia de forma clara o tempo de setup. O grau de dificuldade da mudança varia de acordo com o modelo que estava a ser produzido e o novo modelo, como referido várias vezes ao longo deste documento. Os seguintes gráficos representam então a análise inicial efetuada antes das melhorias para os diferentes modelos produzidos nas linhas.

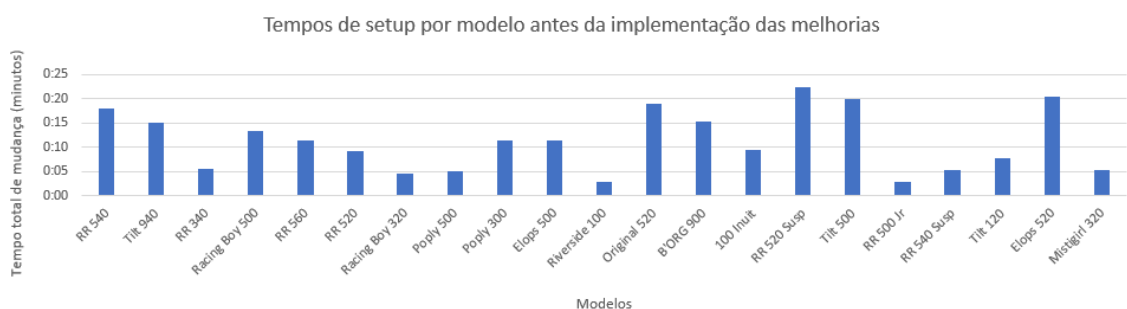


Figura 5.5: Gráfico da análise dos tempos médios de setup para cada modelo antes das melhorias

É importante realçar que os valores apresentados na figura 5.5 são tempos médios, sendo que, por exemplo, foram observadas 5 mudanças diferentes para o modelo RR 340. Para que a análise destes valores, apresentados na figura 5.5, seja mais rigorosa, o gráfico a seguir pretende apurar as diferenças entre cada um dos tempos de setup dessas 5 mudanças em particular.

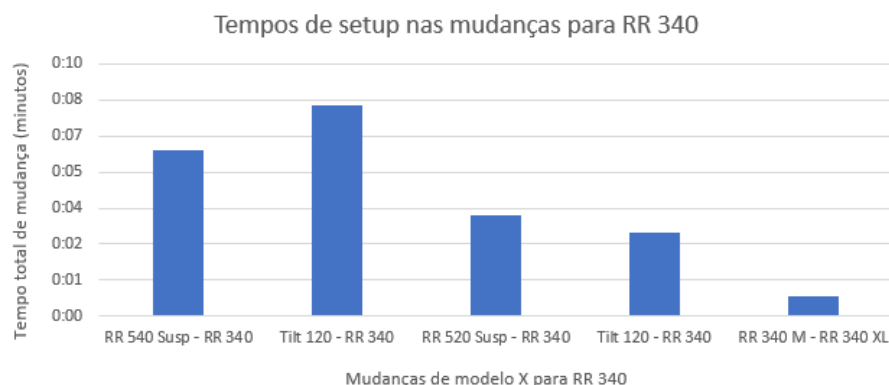


Figura 5.6: Gráfico da análise dos tempos de setup das 5 mudanças para o modelo RR 340

Assim, na figura 5.6 sobressai a 2ª mudança (Tilt 120 para RR 340) e a última (RR 340 M para RR 340 XL), apresentando estas o maior e menor tempo de setup, respetivamente. Ambos os casos são facilmente explicados pela lógica descrita anteriormente. Sendo o modelo Tilt 120 de um grau de dificuldade significativo, envolvendo bastantes componentes e acessórios, um grande número de tarefas em múltiplos postos de trabalho e, para além disso, a existência de pré-montagens nas secções PMT e PMI. Compreende-se, então, que esta mudança, em específico, apresente um tempo de setup superior à mudança do modelo RR 340 no tamanho M para o mesmo modelo, mas no tamanho XL. Tal mudança, como explicado no Capítulo 3, apenas requer a troca de 3 gabaritos (avanço, volante e selim), possibilitando um tempo de setup bastante reduzido.

Para ser possível compreender melhor a complexidade da mudança do modelo Tilt 120 para o modelo RR 340, a figura 5.7 apresenta as várias operações de mudança a executar em cada secção da linha de montagem, podendo estas ser visualizadas com mais pormenor na figura A.20 do Anexo A.5.

| Mudança: Tilt 120 -> RR 340 | |
|-----------------------------|--|
| Secção | Operações de mudança |
| Volantes (V) | Retirar 2 pistolas e colocar 1 pistola |
| PMT | Retirar 2 pistolas, 2 ME, 2 E1 e 1 SM |
| Prensa Quadros (PQ) | Retirar 1 pistola |
| Jogo direção (JD) | Trocar 2 pistolas |
| Linha (L) | Retirar 7 pistolas, trocar 6 pistolas, colocar 1 pistola e retirar 2MM |
| PMI | Retirar 2 pistolas, 2MM, 1 GL e 1SG |
| Embalagem (E) | Retirar 1 MT |

Figura 5.7: Operações de mudança a executar em cada secção da linha de montagem

Ao todo, nesta mudança retiram-se 14 pistola, trocam-se 8 e colocam-se duas, retirando-se também duas mesas com espeto (ME), 2 espetos (E1), 1 supermercado médio e 1 grande (SM) e

SG, respetivamente) e 1 suporte para guarda-lamas (GL) das secções PMT e PMI.

De seguida, para aprimorar ainda mais este estudo, analisa-se em formato de gráfico (figura 5.8) estes tempos de setup juntamente com os tempos de paragem nos mesmos.

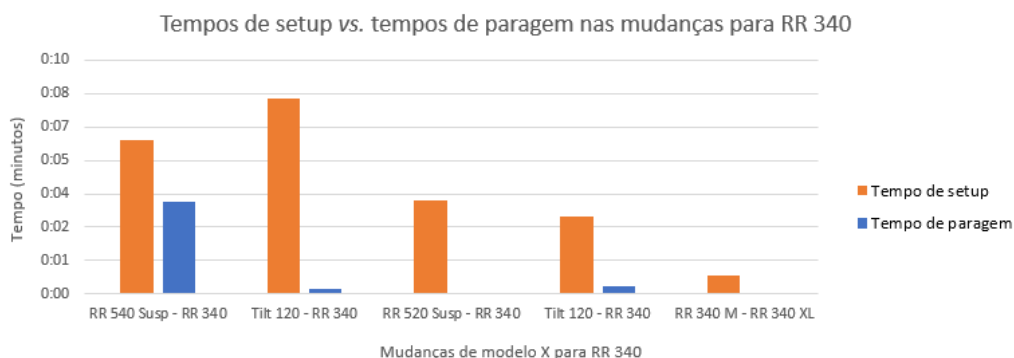


Figura 5.8: Tempos de setup e tempos de paragem das 5 mudanças para o modelo RR 340

De facto, ao rever a figura 5.8, comprova-se que o grau de dificuldade da 2ª mudança (Tilt 120 para RR 340) é realmente elevado, pois apesar do tempo de setup ser aproximadamente 8 minutos, apenas se registaram tempos de paragem inferiores a 30 segundos.

Assim sendo, corrobora-se a afirmação feita antes, que a complexidade de produção de determinado modelo influencia diretamente a mudança desse modelo para outro, ou vice-versa.

Por fim, irá analisar-se a evolução dos tempos de setup e de paragem ao longo do projeto, os tempos de setup depois de implementadas as melhorias e as consequências dessa implementação para os tempos de setup e tempos de paragem em alguns modelos específicos.

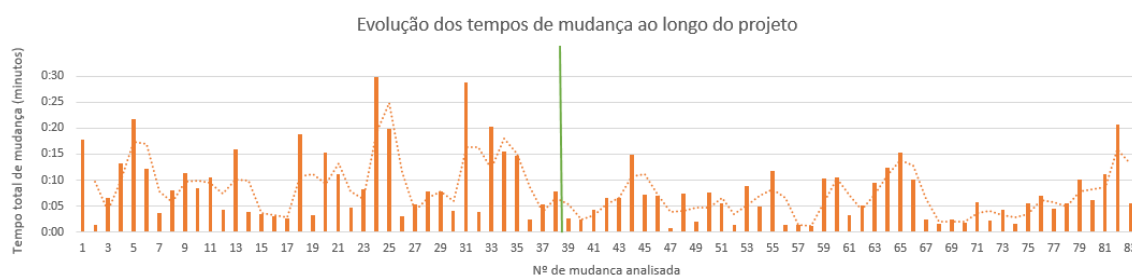


Figura 5.9: Gráfico da análise da evolução dos tempos de setup ao longo do projeto

Na figura 5.9 faz-se a análise da evolução dos tempos de setup ao longo do projeto, onde o traço vertical verde define a implementação das melhorias. A partir desse momento pode-se observar uma diminuição do tempo de execução das mudanças e, além disso, uma estabilização desse mesmo tempo, com a diminuição de picos de tempos de setup excessivos. Isto, pode ser explicado pela normalização do processo de mudança das linhas de montagem e pelo empenho demonstrado pelos colaboradores em executar eficazmente o seu trabalho.

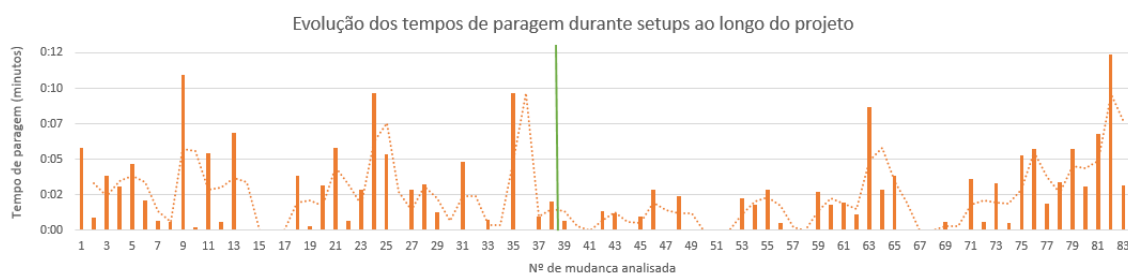


Figura 5.10: Análise da evolução dos tempos de paragem durante os setups ao longo do projeto

A evolução dos tempos de paragem durante os setups ao longo do projeto (figura 5.10) demonstram a mesma diminuição e consolidação, começando até, a haver mudanças com tempos de paragem quase inexistentes, provenientes, acima de tudo, da aplicação da metodologia 5S.

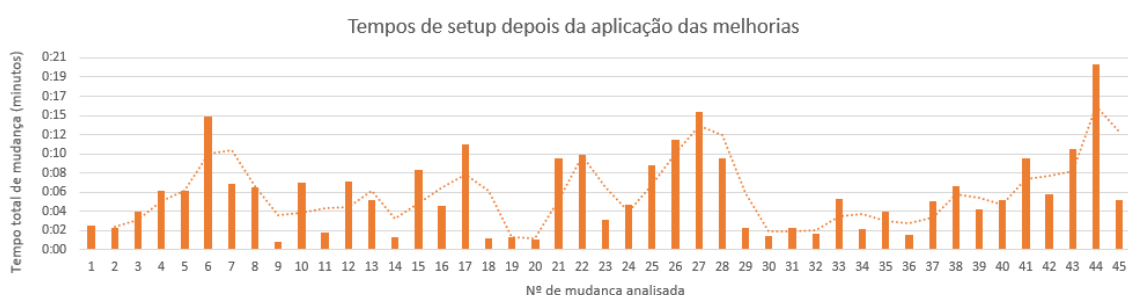


Figura 5.11: Gráfico da análise dos tempos de setup depois da implementação das melhorias

O gráfico presente na figura 5.11 expõe os tempos de execução das mudanças depois da implementação das melhorias, nomeadamente a aplicação da metodologia SMED, que possibilitou uma redução de 39% do tempo médio de setup das linhas de montagem da RTE, sendo este, no final do projeto, 6 minutos e 18 segundos (00h:06min:18s). Além desta redução, foi também possível diminuir o número médio de carros vazios em cada mudança (cada carro vazio equivale a 1 bicicleta perdida) de 4,4 para 2,7, o que equivale a uma redução percentual de 38%. Já os tempos de paragem durante os setups, foram também minorados, apresentando uma redução de 23% após a aplicação das ações de melhoria.

De forma a ser possível comparar os valores obtidos no gráfico presente na figura 5.5, na figura 5.12 exibem-se os tempos médios de setup de alguns modelos depois das soluções empregues ao processo de mudanças das linhas,

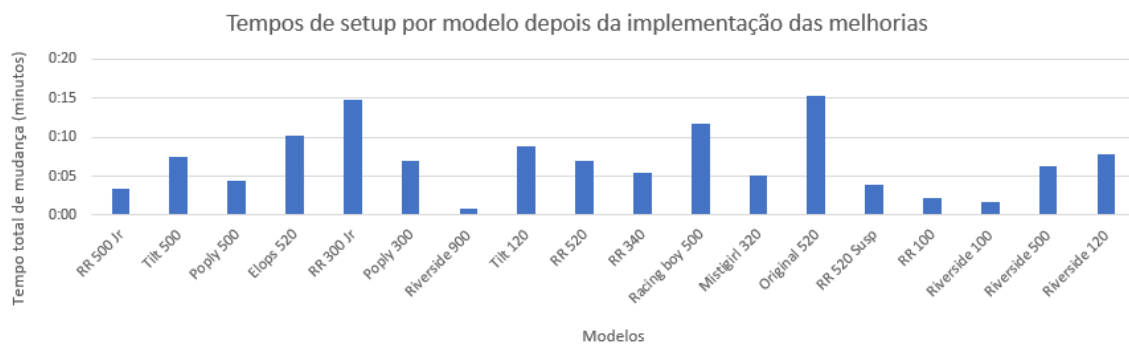


Figura 5.12: Gráfico da análise dos tempos médios de setup para cada modelo depois das melhorias

Em termos mais concretos, na figura 5.13 comparam-se os tempos médios de setup de 13 modelos específicos antes e depois da melhoria do processo de mudança das linhas.

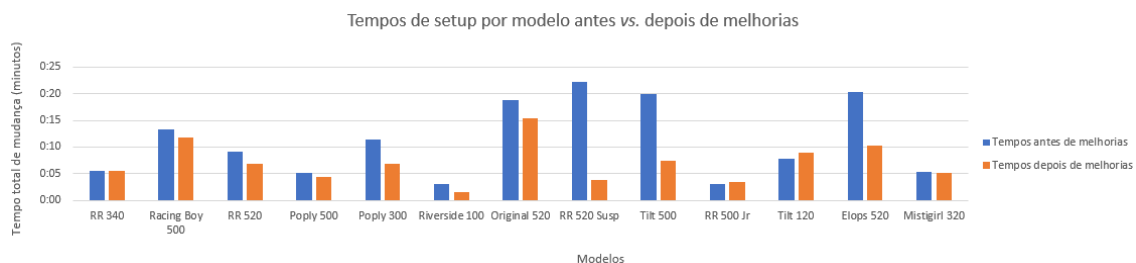


Figura 5.13: Comparação dos tempos de setup antes e depois da implementação das melhorias

Ao longo desta secção foi possível assimilar que através da implementação da metodologia SMED em conjunto com a aplicação de ferramentas 5S, alcançou-se uma redução significativa do tempo médio de setup e, em particular, de 10 dos 13 modelos evidenciados no gráfico da figura 5.13. Adicionalmente, foi implementada uma cultura de melhoria contínua, geradora de motivação, envolvimento e empenho por parte de todos os colaboradores.

Os resultados destas melhorias encontram-se espelhados na figura 5.14.

| | Tempo médio de setup | Carros vazios | Tempo médio de paragem durante setup |
|-------------|----------------------|---------------|--------------------------------------|
| Inicial | 00:10:15 | 4,4 | 00:02:53 |
| Final | 00:06:18 | 2,7 | 00:02:12 |
| Redução (%) | 39% | 38% | 23% |

Figura 5.14: Análise comparativa dos valores iniciais e finais do projeto

Uma outra análise, um pouco mais arrojada, pode ser sobre o aumento na produtividade das linhas de montagem da RTE como consequência da redução do tempo médio de setup e dos carros vazios durante as mudanças. Para esse estudo utiliza-se os valores das tabelas 5.2 e 5.3, principalmente o nº médio de bicicletas produzidas por dia e por minuto, por linha e a média diária de mudanças por linha. De notar que esta análise utiliza valores estimados e por esse motivo beneficiaria de um estudo mais extenso.

$$1,36 \text{ bicicletas/min} \times 4 \text{ min} = 5,4 \text{ bicicletas produzidas "a mais"}$$

$$653,58 \text{ bicicletas/dia} + 5,4 = 658,98 \text{ bicicletas produzidas/dia}$$

Figura 5.15: Bicicletas produzidas "a mais" por dia através da diminuição do tempo de setup

Nas equações da figura 5.15 revela-se que através da diminuição de aproximadamente 4 minutos no tempo médio de setup é possível produzir mais 5,4 bicicletas por dia, que ao somar ao nº médio de bicicletas produzidas por dia (653,58) atinge-se um total de 658,98 bicicletas produzidas por dia.

$$\frac{658,98}{653,58} = 1,00826 \approx 100,83\%$$

$$100,83\% - 100\% = 0,83\%$$

Figura 5.16: Aumento na produção através da diminuição do tempo de setup

Este incremento de 5,4 bicicletas produzidas "a mais" por dia equivale a um aumento na produtividade das linhas de montagem de bicicletas da RTE de 0,83%, tal como demonstra a figura 5.16.

Por outro lado, ao analisar a redução do nº de carros vazios por mudança (redução de 1,7 carros vazios) pode-se retirar algumas conclusões em relação ao número de bicicletas "não perdidas" ao longo de 1 ano de produção.

$$2,12 \text{ mudanças/dia} \times 1,7 \text{ carros vazios} = 3,5 \text{ bicicletas "não perdidas" por dia}$$

$$3,5 \times 5 \text{ dias} = 17,7 \text{ bicicletas "não perdidas" por semana}$$

$$17,7 \times 49 \text{ semanas} = 865,7 \text{ bicicletas "não perdidas" por ano de produção}$$

Figura 5.17: Bicicletas "não perdidas" através da diminuição do número de carros vazios por setup

Esta redução do número de carros vazios durante um setup de 4,4 para 2,7, viabilizou que ao fim de 1 ano de produção, com uma média de 2,12 mudanças por dia, o número de bicicletas "não perdidas" seja 865,7.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho Futuro

A RTE enquadra-se num mercado muito competitivo, onde os clientes privilegiam a diversidade, diferenciação e inovação constante dos produtos, exigindo uma grande flexibilidade do processo produtivo. Assim, torna-se evidente a importância da diminuição de custos e grande capacidade de resposta para as variações na procura por parte das empresas. Neste sentido, a Lean Production procura atingir vantagens competitivas, permitindo uma produção com uma grande variedade de produtos com um nível elevado de qualidade e um uso eficiente dos recursos disponíveis.

Desta forma, os objetivos definidos para este projeto consistiram na aplicação e desenvolvimento da metodologia SMED para estudo e redução do tempo do processo de mudança das linha de montagem de produção de bicicletas da RTE, focando a implementação de soluções de melhoria nas mesmas.

Nos primeiros esforços de otimização do processo de mudança das linhas e redução dos tempos de setup, interviu-se com base na 1ª etapa dessa metodologia correspondente à distinção entre atividades internas e externas. Este estágio permitiu obter uma clara visão e compreensão do conjunto de operações pertencentes a cada processo, o seu modo de funcionamento e todas as ferramentas e materiais envolvidos na execução das mesmas.

Para além de identificar as atividades, a ferramenta tem como objetivo seguinte a passagem das atividades externas para antes ou após a paragem da linha. Não houve muita margem para a aplicação desta fase, pois esta parte do processo já se encontrava bastante otimizada, mas mesmo assim foi possível, com a preparação antecipada das ferramentas e materiais, atingir reduções de 40% nos tempos de paragem das mudanças que envolvem a alteração da configuração da secção PMI.

No âmbito da 3ª etapa da metodologia SMED, procedeu-se à melhoria das operações internas e externas, tentando simplificar e agilizar o trabalho dos colaboradores, reduzindo, assim, o tempo de execução das mesmas e consequentemente os tempos de paragem e o tempo total de setup. Alguns dos principais resultados da aplicação desta etapa às operações internas, apresentados no sub-capítulo 5.2, são:

- Criação de uma norma para o tratamento e manuseamento das pistolas avariadas, que proporcionou uma redução de 100% do nº de pistolas avariadas colocadas na linha durante os setups;
- Normalização de posições para as ferramentas presentes em cada DT de cada modelo a ser produzido em determinada linha - redução de 16% no tempo médio perdido a reposicionar pistolas durante 1 setup.

Por outro lado, a implementação das melhorias, baseadas na aplicação de ferramentas 5S à estante dos gabaritos e ao material de apoio à produção, às operações externas (expostas na secção 4.5.2), viabilizaram resultados bastante positivos (descritos com detalhe no sub-capítulo 5.1), como por exemplo:

- Redução em 60% do tempo despendido a localizar, recolher e a colocar o material de apoio à produção na linha, pronto a ser utilizado;
- Diminuição do tempo gasto a localizar, recolher e colocar os gabaritos no carro de mudança em 33%;
- Agilização e aumento de eficácia no processo de preparação da mudança e criação de um fluxo contínuo e homogéneo de trabalho.

Por fim, a última etapa SMED defende a normalização do processo de mudança com o intuito de aglomerar todas as melhorias implementadas e criar uma norma de trabalho, possibilitando a rápida integração de novos elementos neste sector da fábrica. Esta foi conseguida após a criação de posições pré-definidas para as ferramentas a utilizar na montagem de cada modelo em determinada linha, sendo estas oficializadas no novo formato das DT's de cada modelo criadas para este efeito, exemplificadas na figura 4.25 e nas figuras do Anexo A.4. Em conjunto com estas DT's, foi também criado um fluxo contínuo e homogéneo de trabalho com a organização e divisão do espaço em famílias de produto, identificação coerente desse mesmo espaço e dos próprios materiais, tanto na estante dos gabaritos como na zona de arrumação do material de apoio à produção e carros de mudança. Desta forma, caso necessário, o processo de setup pode ser executado por um outro colaborador sem experiência ou mesmo nível de conhecimento, podendo este, tal como comprovado a determinado ponto do projeto, realizar a mudança de modelo eficazmente e quase com o mesmo nível de perícia que os colaboradores mais experientes.

Torna-se relevante referir que, apesar de relutantes e resistentes às mudanças numa fase inicial, sem o envolvimento e empenho no planeamento e aplicação das melhorias, demonstrado pelos colaboradores, os esforços de redução do tempo de setup das linhas seriam significativamente superiores, sem os mesmos resultados otimistas.

6.1 Satisfação dos Objetivos

De forma geral os resultados obtidos, em relação ao principal objetivo do trabalho (reduzir o tempo de mudança das linhas), são bastante positivos, tendo em conta a curta duração do projeto.

De facto, a situação inicial apresentava um tempo médio de mudança de 10 minutos e 15 segundos (615 segundos) e a solução proposta apresenta um tempo médio de setup de 6 minutos e 18 segundos (378 segundos), o que se traduz numa redução de cerca de 39%. Além disso, inicialmente registou-se um número médio de carros vazios por mudança de 4,4, o que equivale a 4,4 bicicletas perdidas em média por setup, enquanto que na análise final do processo e desse mesmo valor verificou-se uma redução de 38%, perdendo-se apenas 2,7 bicicletas em média por mudança. Assim, pode-se afirmar que houve um aumento na produção de aproximadamente 0,83% e o número de bicicletas não perdidas por ano de produção será cerca de 865.

6.2 Trabalho Futuro

Como possíveis melhorias e trabalho futuro para continuar o realizado no âmbito desta dissertação, podem considerar-se as seguintes abordagens:

- Identificação das restantes linhas (linha 3, 5 e 6) e normalização de posições para as ferramentas das DT's de cada modelo montadas nessas mesmas linhas;
- Finalizar o preenchimento das DT's dos modelos que faltam nas linhas 1, 2 e 4, de acordo com as figuras apresentadas no Anexo [A.3](#);
- Implementar um programa de contagem de tempos de setup, tempos de paragem e causas de paragem durante as mudanças, por forma a obter-se esses dados automaticamente e assim procurar otimizar ainda mais o processo de setup das linhas de montagem.

Anexo A

Anexos

A.1 Material de apoio à produção



| Família | Material de apoio | Foto | Designação | Utilização | Quantidade | Secção |
|---------|----------------------------|---|------------|---|------------|--------|
| Rodas | Suporte de rodas com disco |  | SD | Armazenar rodas depois de lhes serem colocados discos de travão | 8 | PMI |
| | Carro pré-montagem discos |  | CD | Montagem de discos de travão nas rodas | 8 | PMI |

Figura A.1: Material de apoio à produção - Família das Rodas


| Família | Material de apoio | Foto | Designação | Utilização | Quantidade | Secção |
|---------------|--------------------------------|---|------------|-------------------|------------|-----------|
| Supermercados | Supermercado grande 2 andares | | SG | Abatecer material | 6 | PMT / PMI |
| | Supermercado médio 2 andares |  | SM | Abatecer material | 4 | PMT / PMI |
| | Supermercado pequeno 3 andares | | SP | Abatecer material | 1 | PMT / PMI |

Figura A.2: Material de apoio à produção - Família dos Supermercados

| Família | Material de apoio | Foto | Designação | Utilização | Quantidade | Secção |
|---------|-----------------------------------|---|------------|--|------------|-------------|
| Mesas | Mesa de apoio pequena |  | MP | Abastecimento de material / Apoio | 10 | PMI / L / E |
| | Mesa de apoio média | | MM | Montagem de guarda-lamas, porta-bagagens ; Abastecimento de material / Apoio | 13 | PMI / L |
| | Mesa de apoio grande | | MG | Montagem de porta-bagagens | 2 | PMI |
| | Mesa de apoio/pré-montagem cestos |  | MC | Montagem de cestos | 1 | PMI |

Figura A.3: Material de apoio à produção - Família das Mesas



| Família | Material de apoio | Foto | Designação | Utilização | Quantidade | Secção |
|---------|---|---|------------|---|------------|--------|
| Mesas | Mesa apoio Tilt (c/super) |  | MT1 | Pré-montagem dos quadros do modelo Tilt | 4 | PMT |
| | Mesa pré-montagem quadro Tilt (embalagem) |  | MT2 | Preparação do quadro para embalagem | 2 | E |

Figura A.4: Material de apoio à produção - Família das Mesas

| Família | Material de apoio | Foto | Designação | Utilização | Quantidade | Secção |
|---------|--|---|------------|-------------------------------------|------------|-------------|
| Mesas | Carro de apoio |  | CA | Abastecimento de material / Apoio | 10 | PMT / L / E |
| | Mesa pré-montagem escora traseira quadro suspensão |  | MS | Montar escora traseira da suspensão | 1 | PMT |

Figura A.5: Material de apoio à produção - Família das Mesas



| Família | Material de apoio | Foto | Designação | Utilização | Quantidade | Secção |
|---------|--|---|------------|--|------------|--------|
| Mesas | Mesa de apoio multi-funções (espeto no meio) |  | ME | Pré-montagem de quadros / Suporte de quadros | 9 | PMT |
| | Mesa pré-montagem B'original |  | MQ | Pré-montagem quadros B'original | 3 | PMT |
| | Mesa preparação fios de luz | | ML | Preparação/corte de fios de luz | 1 | PMI |

Figura A.6: Material de apoio à produção - Família das Mesas



| Família | Material de apoio | Foto | Designação | Utilização | Quantidade | Secção |
|--------------------|--------------------------------------|---|------------|---------------------------------|------------|-----------|
| Espetos e Suportes | Bancada manual jogo direção |  | JD | Montar o jogo de direção | 4 | JD |
| | Suporte guarda-lamas e volantes Tilt |  | GL | Suporte guarda-lamas e volantes | 10 | PMT / PMI |

Figura A.7: Material de apoio à produção - Família dos Espetos e Suportes



| Família | Material de apoio | Foto | Designação | Utilização | Quantidade | Secção |
|--------------------|---|---|------------|---|------------|--------|
| Espetos e Suportes | Suporte pré-montagem guiador de estrada |  | SV | Pré-montagem guiador estrada do modelo Triban (colocação de fita) | 8 | PMT |
| | Mecos de apoio/espetos |  | E1 | Suporte de quadros entre postos de trabalho | 15 | PMT |

Figura A.8: Material de apoio à produção - Família dos Espetos e Suportes


| Família | Material de apoio | Foto | Designação | Utilização | Quantidade | Secção |
|--------------------|-------------------|---|------------|--------------------|------------|--------|
| Espetos e Suportes | Espeto suporte |  | E2 | Suporte de quadros | 12 | PMT |

Figura A.9: Material de apoio à produção - Família dos Espetos e Suportes

A.2 Normalização de posições para as ferramentas - Linha 2 e 4

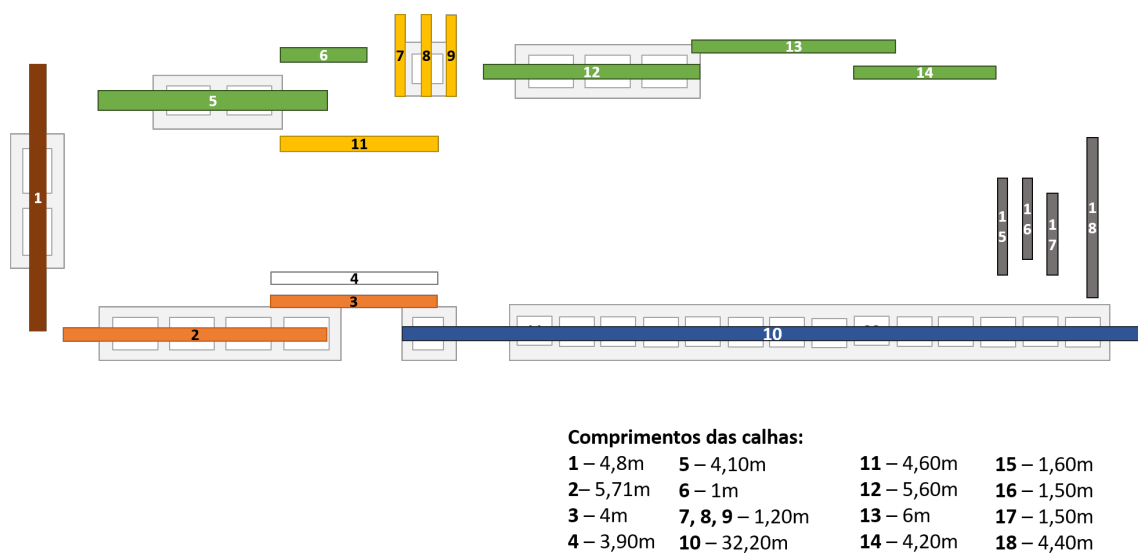


Figura A.10: Layout das calhas por sector da linha 2 e comprimentos das mesmas

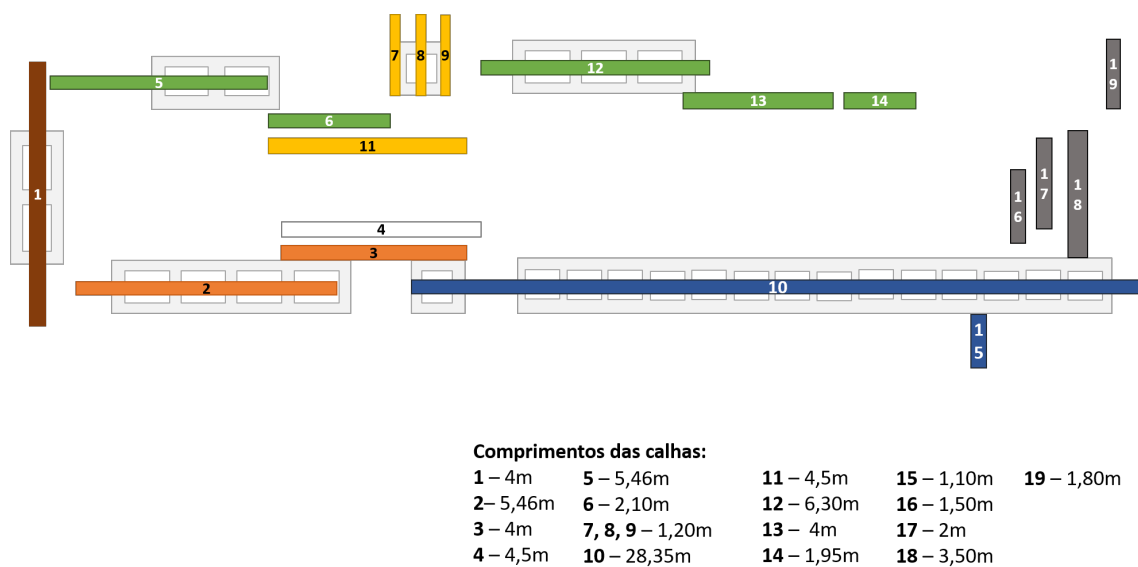


Figura A.11: Layout das calhas por sector da linha 4 e comprimentos das mesmas

A.3 Modelos com DT fechada

| Familia | Modelo | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 |
|-----------|--------------------|----|----|----|----|----|----|
| Criança | 100 Inuit | | | | | | |
| | Mistigirl 320 | | | | | | |
| | Mistigirl 500 | | | | | | |
| | Poply 300 White | | X | | | | |
| | Poply 500 Black | | X | | | | |
| | Poply 500 Cream | | X | | | | |
| | Racing Boy 300 | | | | | | |
| | Racing Boy 320 Red | | X | | X | | |
| | Racing Boy 500 | | | | | | |
| | Racing 500 | | | | | | |
| Dobráveis | Tilt 100 | | | | X | | |
| | Tilt 120 Blue | | | | X | | |
| | Tilt 120 Red | | | | X | | |
| | Tilt 500 Yellow | | | | | | |
| | Tilt 500 Blue | | | | | | |
| | Tilt 900 | X | | | | | |
| | Tilt 720 LTD | | | | | | |
| | Tilt 940 | X | | | | | |

Figura A.12: Tabela resumo das DT's preenchidas e finalizadas - Criança e Dobráveis

| Familia | Modelo | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 |
|---------|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| BTT | RR 100 Grey (XS; S; M; L; XL) | | X | | X | | |
| | RR 100 Yellow (XS; S; M; L; XL) | | X | | X | | |
| | RR 300 Jr | | X | | | | |
| | RR 340 Blue Yellow (XS; S; M; L; XL) | | X | | X | | |
| | RR 340 Grey (XS; S; M; L; XL) | | X | | X | | |
| | RR 340 Orange (XS; S; M; L; XL) | | X | | X | | |
| | RR 340 Yellow | | X | | X | | |
| | RR 340 White (XS; S; M; L) | | X | | X | | |
| | RR 340 LTD Orange (S; M; L; XL) | | X | | X | | |
| | RR 340 LTD Grey (M; L) | | X | | X | | |
| | RR 500 Jr Blue | X | X | | X | | |
| | RR 500 Jr Orange | X | X | | X | | |
| | RR 500 Jr Yellow | X | X | | X | | |
| | RR 520 27.5 Black (S; M; L; XL) | | X | | X | | |
| | RR 520 27.5 Navy Blue (S; M; L; XL) | | X | | X | | |
| | RR 520 27.5 Yellow (S; M; L; XL) | | X | | X | | |
| | RR 520 27.5 Grey 2017 (S; M; L; XL) | | X | | X | | |
| | RR 520 27.5 Blue | | X | | X | | |

Figura A.13: Tabela resumo das DT's preenchidas e finalizadas - BTT

| Familia | Modelo | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 |
|---------|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| BTT | RR 520 Susp 2017 (S; M; L; XL) | | | | X | | |
| | RR 540 27.5 Black Metal (S; M; L; XL) | | | | | | |
| | RR 540 27.5 Red (S; M; L; XL) | | | | | | |
| | RR 540 27.5 Woman (S; M; L) | | | | | | |
| | RR 540 Susp 2017 (M; L; XL) | | | | | | |
| | RR 560 27.5 Woman (S; M; L) | X | | | | | |
| | RR 560 27.5 Black (S; M; L; XL) | X | | | | | |
| | RR 560 27.5 White (M; L; XL) | X | | | | | |
| | RR 560 Susp 2017 (M; L; XL) | | | | | | |
| | RR 700 Jr | | X | | | | |

Figura A.14: Tabela resumo das DT's preenchidas e finalizadas - BTT

| Familia | Modelo | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 |
|-----------|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Estrada | Triban 500 FB | | | | | | |
| | Triban 100 (S; M; L) | | | | | | |
| Citadinas | B-ORG 500 (M; L) | | | | | | |
| | B'ORIGINAL 900 (M; L) | | | | | | |
| | Elops 500 Woman (M; L) | X | | | | | |
| | Elops 500 Man (M; L) | X | | | | | |
| | Elops 520 Mint (M; L) | X | | | | | |
| | Elops 520 Blue (M; L) | X | | | | | |
| | ORG 520 Grey Blue (M; L) | X | | | | | |
| | Riverside 100 (M; L) | | X | | | | |
| | Riverside 120 (S; M; L) | | X | | | | |
| | Riverside 500 Red (S; M; L) | | X | | | | |
| | Riverside 500 White (S; M; L) | | X | | | | |
| | Riverside 500 Blue (S; M; L) | | X | | | | |
| | Riverside 900 (S; M; L) | | X | | | | |

Figura A.15: Tabela resumo das DT's preenchidas e finalizadas - Estrada e Citadinas

A.4 Distribuições de tarefas

| Elops 500 | | | | | Linha 1 | |
|-----------|---------------|--|-------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Nº | Posto | Tarefas Volantes | Ferramenta | Bit / Cx | Mangueira/B alanceador | Calha/ Picagem |
| 1 | Terminais | Preparar 6 bichas Preparar curvas do travão da frente | | | | |
| 2 | Volantes 1 | Montar guiador no avanço - 1 parafuso Colocar cabo na manete do travão de trás Colocar manete do travão de trás no guiador Colocar grip da velocidade de trás Colocar 1 anilha Apontar punho de borracha Fazer enfiamento das bichas da velocidade de trás | Pistola A | 6 mm | RW - 3 | V4 / 4 |
| 3 | Volantes 2 | Colocar cabo na manete do travão da frente Colocar manete do travão da frente no guiador Apontar punho de borracha Fazer enfiamento das bichas do travão de trás Fazer enfiamento da bicha do travão da frente e curva | | | | |
| 4 | Volantes 3 | Apertar manetes dos travões Borrifar álcool no interior dos punhos Posicionar punhos Apertar extremidades dos punhos Colocar campainha | Pistola B Pistola D | 5 mm 3 mm | RW - 0 RW - 0 | V8 / 9 V7 / 8 |
| Nº | Posto | Tarefas Prensa | Ferramenta | Bit / Cx | Mangueira/ Balanceador | Calha/ Picagem |
| 1 | PM1 - Quadro | Colocar quadro no suporte Passar plástico-guia pelo interior do quadro Puxar fio elétrico pelo interior do quadro Montar suporte da luz da frente | | | | |
| 2 | PM2 - Quadro | Colocar anel de selim no quadro Apontar parafusos do porta-bidão e do cadeado Colar fita preta no interior da testa do quadro | | | | |
| 3 | PM3 - Quadro | Montar luz da frente Montar descanso | Pistola F Pistola G | 3 mm 8 mm | RW - 0 RW - 0 | PMT9 / 6 |
| 4 | Prensa Quadro | Prensar quadro (colocação das cuvetes) Montar o desviador traseiro Colocar massa consistente na testa do quadro Montar caixa pedaleira | Pistola D Pistola A | cx 9 mm Especial | RW - 0 RW - 3 | PQ7 / 4 |
| 5 | Jogo Direção | Montar jogo de direção Montar volante no quadro | Pistola R Pistola T Pistola L | copo nylon 30 mm 6 mm | RW - 0 RW - 3 RW - 3 | JD5 / 1 JD6 / 2 JD6 / 3 |

Figura A.16: DT nova do modelo Elops 500 na linha 1 - secção dos Volantes (V), PMT, PQ e JD

| Rockrider 100 (todas as cores) | | | | | Linha 4 | |
|--------------------------------|-------------|--|------------|----------|---------------------------|-------------------|
| Nº | Posto | Tarefas Volantes | Ferramenta | Bit / Cx | Mangueira/ Balanceador | Calha/ Picagem |
| 1 | Terminais 1 | Cortar um conjunto de gaine de desviador, colocar terminais e mousses | | | | |
| 2 | Terminais 2 | Cortar um conjunto de gaine de travão e colocar terminais | | | | |
| 2 | Volantes 1 | Posicionar avanço e guiador no gabarit | | | | |
| | | Apertar avanço | Pistola A | 5 mm | RW - 3 | V4 / 2 |
| | | Trocar posição do avanço e guiador no gabarit | | | | |
| | | Enfiar cabo e colocar manete de travão esquerda (Frente) | | | | |
| | | Colocar grip esquerdo (VF) | | | | |
| | | Colocar uma argola | | | | |
| | | Colocar punho esquerdo | | | | |
| | | Enfiar gaine grip esquerdo (VF) | | | | |
| 3 | Volantes 2 | Posicionar guiador no gabarit | | | | |
| | | Enfiar cabo e colocar manete de travão direita (Trás) | | | | |
| | | Colocar grip direito (VT) | | | | |
| | | Colocar uma argola | | | | |
| | | Colocar punho direito | | | | |
| | | Enfiar gaine grande e pequena manete travão (TT) | | | | |
| 4 | Punhos | Enfiar gaine grip direito (VT) | | | | |
| | | Posicionar guiador no gabarit | | | | |
| | | Soprar Punhos | | | | |
| | | Apertar travões | Pistola B | 5 mm | RW - 0 | V8 / 8 |
| | | Enfiar gaine travão (TF) + curva | | | | |
| | | Colocar campainha | | | | |

Figura A.17: DT nova do modelo RR 100 na linha 4 - secção dos Volantes (V)

| Nº | Posto | Tarefas Linha | Ferramenta | Bit / Cx | Mangueira/ Balanceador | Calha/ Picagem |
|----|-----------------|---|------------|----------|---------------------------|-------------------|
| 1 | Início de Linha | Prensar uma forqueta | | | | |
| | | Colocar quadro no transportador | | | | |
| | | Apertar manivela e crank | Pistola G | | | |
| | | Apertar passa-cabos | Pistola K | PH 1 | RW 0 | L1 / 3 |
| | | Posicionar um par de travões | | | | |
| 2 | Enfiamentos 1 | Posicionar um par de travões | | | | |
| | | Apertar os 4 travões | Pistola M | 5 mm | RW - 0 | L2 / 4 |
| | | Enfiar bicha V.T. e posicionar no 1º passador | | | | |
| | | Enfiar bicha T.T. | | | | |
| 3 | Enfiamentos 2 | Enfiar bicha V.F. | | | | |
| | | Enfiar bicha T.F. | | | | |
| | | Colocar fita papel no crank | | | | |
| | | Enfiar bicha V.T. | | | | |
| 4 | Enfiamentos 3 | Enfiar curva T.T. | | | | |
| | | Apertar 2 parafusos quadro | Pistola N | 4 mm | RW - 0 | L7 / 9 |
| | | Apertar campainha | Pistola O | PH 2 | | |
| | | Colocar fita papel na forqueta | | | | |
| | | Colocar desviador da frente | Pistola Y | 5 mm | RW - 0 | L8 / 11 |

Figura A.18: DT nova do modelo RR 100 na linha 4 - secção da Linha (L)

| Poply 300 White (27,5 operadores - 100 bikes/hora) | | | | | Linha 2 | |
|--|-----------------|---|--------------------|----------|---------------------------|-------------------|
| Nº | Posto | Tarefas Prensa | Ferramenta | Bit / Cx | Mangueira/ Balanceador | Calha/ Picagem |
| 1 | PM1 - Quadros | Colocar massa na caixa e na testa do quadro | | | | |
| | | Apontar caixa pedaleira | TWIST HRF 16 | | RW - 0 | PMT6 / 8 |
| 2 | Prensa Quadros | Prensar cuvetes | | | | |
| | | Montar desviador de trás | EP 5 PTX | | RW - 0 | PQ13 / 1 |
| | | Colocar anel de retenção | | | | |
| | | Apertar caixa pedaleira | EPT S 5 - 50 CTADS | | | |
| 3 | Jogo Direção | Montar jogo de direção | TWIS HRF 16 | nylon | RW - 0 | JD5 / 4 |
| | | | LTV 28 | cx 24 mm | RW 3 | JD4 / 2 |
| | | Montar volante | LTV 28 | 6 mm | RW - 3 | JD3 / 1 |
| Nº | Posto | Tarefas Linha | Ferramenta | Bit / Cx | Mangueira/ Balanceador | Calha/ Picagem |
| 4 | Início de Linha | Prensar uma forqueta | | | | |
| | | Colocar quadro no transportador | | | | |
| | | Aplicar massa nos pivots | | | | |
| | | Apertar manivela e crank | EPT DS 7-70 13-S | | | |
| | | Apertar passa-cabos | PR 7 | PH 2 | RW - 0 | L2 / 2 |

Figura A.19: DT nova do modelo Poply 300 na linha 2 - secções das PMT, PQ, JD e L

A.5 Instruções de mudança

| Operações de setup a executar em cada posto de trabalho: Tilt 120 -> RR 340 L | | | | | |
|---|---------------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------------|
| Nº | Operação | Posto | Tipo | Tempo de operação | Tempo acumulado |
| 1 | Colocar MAP (2 SD e 2 CD) | PMI - Rodas | Externa | 35 s | 35 s |
| 2 | Trocar gabaritos | Volantes | Interna | 20 s | 55 s |
| 3 | Retirar 2 pistolas | Volantes | Interna | 30 s | 85 s |
| 4 | Colocar 1 pistola | Volantes | Interna | 20 s | 105 s |
| 5 | Retirar 1 pistola | Prensa Quadros | Interna | 10 s | 115 s |
| 6 | Trocar 2 pistolas | Jogo Direção | Interna | 50 s | 165 s |
| 7 | Trocar 1 pistola | Início de linha | Interna | 20 s | 185 s |
| 8 | Retirar 1 pistola | Enfiamentos 1 | Interna | 15 s | 200 s |
| 9 | Retirar 2 pistolas | Enfiamentos 2 | Interna | 20 s | 220 s |
| 10 | Retirar 2 pistolas | Enfiamentos 3 | Interna | 20 s | 240 s |
| 11 | Trocar 2 pistolas | Enfiamentos 3 | Interna | 60 s | 300 s |
| 12 | Trocar 2 pistolas | Rodas e Correntes | Interna | 40 s | 340 s |
| 13 | Colocar 2 pistolas | PMI - Rodas | Externa | 30 s | 370 s |
| 14 | Trocar 1 pistola | Afinações T.T. | Interna | 15 s | 385 s |
| 15 | Colocar 1 pistola | Afinações V.V. | Interna | 25 s | 410 s |
| 16 | Retirar 2 pistolas | Afinações V.V. | Interna | 20 s | 430 s |
| 17 | Retirar 2 pistolas | PMI | Externa | 25 s | 455 s |
| 18 | Retirar 2 pistolas | PMT | Externa | 35 s | 490 s |

Figura A.20: Instruções de setup para mudança Tilt 120 - RR 340

Referências

- [1] Richard B. Chase ; Nicholas J. Aquilano. *Gestão da produção e das operações : perspectiva do ciclo de vida*. Lisboa : Monitor, DL. 1997.
- [2] D. M Upton. *Designing, Managing and Improving Operations*. Prentice Hall, 1998.
- [3] James P. Womack ; Daniel T. Jones. *Lean Solutions (How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together)*. Free Press, 2005.
- [4] James P. Womack ; Daniel T. Jones; Daniel Ross. *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*.
- [5] James P. Womack ; Daniel T. Jones. *Lean Solutions (Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation)*. Free Press, 2003.
- [6] Shigeo Shingo. *Quick Changeover for Operators: The SMED System*. Productivity Press; 1 edition (1 Jun. 1996).
- [7] Chikezie Nwaoha Michael D. Holloway. *Dictionary of Industrial Terms*. Wiley, 2013.
- [8] Rangaraj. *Supply Chain Management For Competitive Advantage*. Tata McGraw-Hill Education, 2009.
- [9] Alexander Tsigkas. *The Lean Enterprise: From the Mass Economy to the Economy of One*. Springer.
- [10] Patrícia Ramos. Lean thinking, adaptado de jeffrey k. liker. Disponível em <http://leanked.com/blog/2017/06/09/lean-thinking/>, acedido pela última vez em 7 de Novembro de 2017.
- [11] Jeffrey Liker. *The Toyota Way*. McGraw Hill Professional, 2003.
- [12] Masaaki Imai. *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York: Random House, 1986.
- [13] Plan-do-check-act (pdca) continually improving, in a methodical way, 2017. Disponível em https://www.mindtools.com/pages/article/newPPM_89.htm, acedido pela última vez em 6 de Novembro de 2017.
- [14] Kaizen Institute India. Smed – single minute exchange of die – reduce your setup time, 2014. Disponível em <https://kaizeninstituteindia.wordpress.com/2014/04/03/smed-single-minute-exchange-of-die-reduce-your-setup-time/>, acedido pela última vez em 6 de Dezembro de 2017.

- [15] Nikunj Rana. Lean thinking, adaptado de jeffrey k. liker, 2017. Disponível em <https://pt.slideshare.net/NikunjRana2/how-to-implement-single-minute-exchange-of-die>, acessado pela última vez em 7 de Novembro de 2017.
- [16] Masaaki Imai. *Kaizen: A Estratégia para o Sucesso Competitivo*. IMAM, 1994.
- [17] Shigeo Shingo. *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*. Productivity Press, Portland, Oregon, USA, 1986.